ENCYCLOPÉDIE
CHIMIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. FREMY

Membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique, directeur du Muséum
Membre du Conseil supérieur de l'instruction publique

PAR UNE RÉUNION

D'ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DE PROFESSEURS ET D'INDUSTRIELS

ET NOTAMMENT DE

MM. ALFROY, chimiste industriel; ARSON et AUDOUIN, ing. en chef des travaux chim. à la Compagnie parisienne du gaz
H. BECQUEREL, répétiteur à l'École polytechnique; BERTHELOT, sénateur, membre de l'Institut
M. BOURGEOIS, ancien élève de l'École polytechnique, attaché au laboratoire de géologie du Collège de France
BOURGOIN, professeur à l'École de pharmacie; CAMUS, directeur de la Compagnie du gaz
Ad. CARNOT, directeur des études de l'École des Mines; CHASTAIN, pharmacien en chef de la Pitié;
CLOEZ, examin. de sortie à l'École polytechnique; CLOEZ fils, répét. à l'École polytechnique
CURIE (J.), préparateur du cours de minéralogie à la Sorbonne
DEBIZE, ing. en chef des man. de l'État; DEBRAY, membre de l'Institut; DECAUX, s.-direct. des teintures aux Gobelins
DEHÉRAIN, professeur au Muséum; DITTE, professeur à la Faculté des sciences de Caen
DUQUESNAY, ingénieur des manufactures de l'État; DUCLAUX, professeur à l'Institut agronomique
EUVERTE, dir. des forges de Terre-Noire; DE FORCRAND, docteur ès-sciences; GARNIER (JULES), ing. civil des Mines
GAUDIN, ancien élève de l'École polytechnique, professeur de chimie; GIRARD, dir. du laboratoire municipal
GRANDEAU, doyen de la Faculté des sciences de Nancy; JOLY, maître de conférences à l'École normale
L. GRUNER, inspecteur général des mines; HALLER, maître de conférences de chimie organique à la Faculté de Nancy
HENRIVAUX, s.-dir. de la manuf. des glaces de St-Gobain; JOANNIS, docteur ès-sciences, agrégé de l'Université
JOULIE, pharmacien en chef de l'hospice Dubois; JUNGFLEISCH, professeur à l'École de pharmacie
KOLB, directeur des usines de produits chimiques du Nord
LEMOINE, ing. en chef des ponts et chaus.; LEIDIÉ, pharm. en chef de l'hôpital Necker; LODIN, ing. des Mines
MALLARD, prof. à l'École des Mines; MARGOTTET, prof. à la fac. des sc. de Montpellier
MARGUERITTE, président du conseil d'administration de la Compagnie parisienne du gaz
MARGUIN, ancien élève de l'École polytechnique; MOISSAN, Agrégé à l'École de pharmacie
MOUTIER, exam. de sortie à l'École polytechnique; NIVOIT, prof. à l'École des p. et ch.; OGIER, doct. ès-sciences
PABST, s.-direct. du labor. municipal; PARMENTIER, s.-direct. du labor. d'enseig. chim. de la Faculté des sciences
PECHINET, direct. des usines de prod. chim. du Midi; RIBAN, direct. du labor. d'enseig. de la Sorbonne
PORTEZ, pharm. en chef de l'hôpital de Lourcine; PRUNIER, prof. à l'École sup. de pharmacie
SARRAU, ingénieur en chef des poudres et salpêtres; SCHLAGDENHAUFFEN, prof. à la Faculté de médecine de Nancy
SCHLŒSING, m. de l'Institut, prof. au Conserv. des arts et métiers; SOREL, anc. ing. des manufactures de l'État
TERREIL, aide naturaliste au Muséum; TERQUEM, professeur à la Faculté de Lille
URBAIN, répét. à l'École centrale des arts et manufactures; VIEILLE, ingén. des poudres et salpêtres
VILLIERS, chef des travaux pratiques à l'École de pharmacie
VIOLLE, prof. à la Faculté des sciences de Lyon, etc.

TOME II. — MÉTALLOÏDES

(1er *appendice*)

REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES MINÉRAUX

Par M. L. BOURGEOIS

Ancien élève de l'École polytechnique, préparateur du cours de Chimie organique au Muséum d'histoire naturelle

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES CHEMINS DE FER
DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Augustins, 49

1884

AVANT-PROPOS

En présentant au public ce fascicule de l'*Encyclopédie chimique*, il nous est impossible de nous défendre de quelque embarras. L'importante application de la chimie minérale qui va nous occuper a, en effet, été traitée par des auteurs d'une haute compétence. Jusqu'à ces dernières années, les ouvrages les plus considérables sur ce sujet avaient été publiés à l'étranger, notamment en Allemagne. Les chimistes français se voyaient le plus souvent obligés de recourir à la lecture des mémoires originaux, ou bien de se reporter aux documents déjà anciens rassemblés dans la *Minéralogie* de Dufrénoy, dans le *Traité de chimie* de MM. Pelouze et Fremy, ou encore à la note de M. Alph. Favre[1].

Le *Dictionnaire de chimie pure et appliquée* de M. Würtz fournit, il est vrai, dans les articles isolés, des renseignements intéressants sur la synthèse minéralogique, mais on y chercherait vainement sur cette matière l'exposé d'un corps de doctrines, une revue des méthodes mises en œuvre et des espèces reproduites.

Cette lacune s'est trouvée comblée par la conférence faite à la Faculté de Médecine, en 1880, par M. Friedel, et publiée dans la *Revue scientifique*[2]. Le lecteur y trouvera l'exposé aussi élégant que concis, et très complet, malgré son cadre restreint, qu'a fait le savant professeur de la Sorbonne.

L'ouvrage le plus important et le plus récent qui ait paru sur cette branche de la science, est la *Synthèse des minéraux et des roches*, par MM. Fouqué et Michel Lévy[3]; ce livre constitue le premier traité didactique de ce genre publié en France. Les auteurs ont placé en tête de leur ouvrage des généralités sur les méthodes synthétiques, et sur les procédés de spécification des minéraux artificiels. Ils insistent sur les gisements et donnent la description des synthèses s'appliquant non plus seulement aux minéraux isolés, mais encore aux roches ainsi qu'aux météorites. La seconde partie de l'ouvrage présente, d'après une classification minéralogique, une série d'articles étendus relatifs à chaque minéral reproduit.

Faire, après de tels maîtres, un essai sur la reproduction artificielle des minéraux, pourrait être à bon droit taxé de présomption. Nous avons cependant entrepris cette tâche à la demande de notre excellent maître, M. Fremy, et fort de ses bienveillants encouragements. A défaut d'autre mérite, nous avons cherché à être

1. *Bull. Soc. Géol.*, t. XIII, 1855-56, p. 307. — *Bibl. univ.*, *Archives*, t. XXXI, 1856, p. 136
2. Sept. 1880, p. 242-48.
3. Paris, G. Masson, 1882.

complet : nous nous sommes adressé à cet effet à MM. les Professeurs directeurs des principaux laboratoires de la France et de l'étranger, et nous ne saurions trop les remercier pour les précieux renseignements qu'ils ont bien voulu nous fournir avec le plus louable empressement.

Nous n'avons cru devoir passer sous silence que les espèces dont la reproduction nous a paru très douteuse, et, nous inspirant de l'œuvre magistrale de MM. Fouqué et Michel Lévy, avec leur expresse autorisation, nous nous sommes efforcé de donner à ce résumé le cachet d'actualité qui se remarque dans les autres parties de l'*Encyclopédie chimique*.

Nous serions trop heureux si la lecture de cet opuscule pouvait contribuer à l'extension et au perfectionnement des belles et ingénieuses méthodes que nous allons exposer.

L. B.

REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES MINÉRAUX

Par M. Léon BOURGEOIS.

GÉNÉRALITÉS

Il est presque superflu de présenter au lecteur, au début de ce résumé, un aperçu historique relatif au développement des méthodes de minéralogie synthétique ; ce sujet a déjà été traité en France par des maîtres éminents à différents points de vue. Dans le cours même de l'*Encyclopédie*, M. Fremy[1] s'est attaché à passer en revue les divers procédés employés, à montrer les services mutuels que se sont rendus la chimie et la minéralogie. Il serait aussi inutile que présomptueux d'y revenir dans un premier exposé très sommaire : il nous sera peut-être cependant permis d'ajouter quelques brèves considérations.

On peut affirmer, presque sans témérité, que l'idée même de *synthèse minéralogique* s'est présentée dès les commencements de la science chimique aux expérimentateurs ; la conception du grand laboratoire de la nature, base des doctrines des alchimistes, revient à chaque pas sous la plume des savants et des philosophes ; on pressentait déjà vaguement que l'affinité ne s'exerce pas suivant des lois différentes, dans les phénomènes naturels d'une part, dans les opérations artificielles de l'autre. Il était à prévoir que l'*expérimentation* allait confirmer et surtout étendre les données acquises par l'*observation*.

Remarquons en outre que l'époque où Lavoisier pose les bases de l'édifice chimique, est précisément celle où prend naissance la géologie ; à ce moment ont lieu d'importants débats entre les écoles rivales de Werner et de Hutton. Par quelle voie s'est exercée l'activité du globe ? La voie sèche ou la voie humide, pour emprunter le langage des chimistes, a-t-elle concouru exclusivement à la consolidation et à la destruction des terrains ? Ces graves problèmes piquent la curiosité de plusieurs géologues qui momentanément renoncent à leurs courses sur le terrain pour s'enfermer dans le laboratoire ; James Hall, au prix de mille difficultés,

1. T. I. p. 169.

reproduit la cristallisation du calcaire par voie sèche sous pression ; il cherche en outre à surprendre le secret de la formation des roches éruptives, et parvient dans cette voie aux plus importants résultats.

Des études d'un autre genre encouragent les chimistes à tenter la reproduction des minéraux par les agents artificiels dont ils disposent. Les grandes lois de la chimie se découvrent en même temps qu'entre les mains des Gay-Lussac, des Thenard, des Berzélius, l'analyse chimique voit ses méthodes, de jour en jour plus parfaites, s'appliquer indistinctement aux produits chimiques et aux composés naturels. La conclusion qui se dégage de cette longue série de travaux, c'est que les mêmes principes ont présidé à la composition quantitative des uns et des autres ; dans les deux ordres de composés se retrouvent les mêmes équivalents, les mêmes proportions multiples, les mêmes phénomènes d'isomorphisme. De là à conclure à la possibilité d'obtenir les espèces naturelles dans les laboratoires, il n'y a qu'un pas.

Puis, à cette époque, l'illustre Haüy formule les lois de la cristallisation et démontre qu'elles concernent aussi bien les produits artificiels que ceux de la nature.

La science était donc bien mûre pour tirer parti des plus anciennes synthèses et en imaginer de nouvelles dès les premières années de ce siècle. Les savants allemands, principalement, examinent les produits des hauts-fourneaux, des usines de toute espèce, où se montrent des cristaux ; ils constatent et établissent qu'il y a identité entre ces cristallisations et celles des géodes minérales ; Hausmann, Mitscherlich, von Leonhard, se signalent surtout dans ce genre de recherches.

Pendant ce temps, l'école française, par l'expérimentation, poursuit une série de découvertes peut-être plus fécondes encore. Gay-Lussac imite dans tous ses détails la formation du fer oligiste dans les fumerolles, et Berthier, reprenant la voie de fusion inaugurée par Hall, produit plusieurs des silicates des roches éruptives.

L'étude minutieuse et approfondie des substances accidentellement cristallisées se continue pendant vingt-cinq ans environ sans qu'il y ait lieu de signaler l'apparition de nouvelles méthodes ; puis à cette période de repos relatif succède en 1850 une incomparable série de travaux ; la liste des conquêtes de la synthèse minérale prend alors une étonnante extension. Les méthodes mises en œuvre sont aussi variées qu'élégantes ; il suffira de rappeler les noms de Becquerel, de de Sénarmont, d'Ebelmen, de M. Daubrée, de Durocher, d'Henri Sainte-Claire Deville, de M. Debray, de Manross ; ils sont connus de tous : constatons seulement la part prépondérante et des plus glorieuses que prennent à ces recherches nos grandes écoles, Normale, des Mines et Polytechnique.

Ces éclatants triomphes de la synthèse minérale se continuent dès lors par d'autres découvertes incessantes dont la série se poursuit jusqu'au jour où nous écrivons. L'éclosion des faits nouveaux acquis à la chimie dans cette voie est singulièrement favorisée par diverses circonstances. Les méthodes d'analyse se perfectionnent en même temps que les dispositions matérielles des appareils conçus par les expérimentateurs. Les méthodes optiques, l'emploi du microscope principalement et des instruments de polarisation abrègent les recherches en leur donnant une précision nouvelle.

En même temps les roches éruptives deviennent l'objet d'études approfondies ;

une branche spéciale des investigations géologiques, la *pétrographie*, acquiert en peu d'années un développement extraordinaire ; les ouvrages de MM. Zirkel, Rosenbusch, Fouqué et Michel Lévy attestent ce grand mouvement. L'attention des chercheurs se trouve naturellement ramenée vers les problèmes géogéniques ; l'observation sur le terrain et dans le laboratoire vient donner une direction aux études expérimentales, en même temps que les procédés pétrographiques sont souvent susceptibles de s'appliquer aux produits artificiels. On aborde avec succès la reproduction, non plus d'éléments isolés, mais de véritables roches, et ces méthodes synthétiques donnent, au moins dans certains cas, la clef des procédés naturels.

Il est assez délicat de citer quelques-uns des noms de la nombreuse liste de ceux qui se sont exercés dans ces dernières années à refaire des espèces naturelles. MM. Fouqué et Michel Lévy, opérant par voie ignée sans fondant, ont reproduit les espèces des roches basiques, soit prises isolément, soit associées, pour former ces mêmes roches avec toutes les particularités d'agencement qu'elles offrent dans la nature. M. Hautefeuille, en faisant intervenir des fondants chimiques de nature variée, a obtenu par la voie sèche une riche série de substances des plus importantes. MM. Friedel et Sarasin ont eu recours à la voie humide à haute température, sous une très forte pression, et sont ainsi parvenus à reconstituer le quartz, la tridymite, des feldspaths, des zéolithes. Ces divers expérimentateurs, par la haute portée de leurs travaux, méritent une mention spéciale.

Il est à prévoir que l'exemple de ces maîtres sera suivi fructueusement et que ces brillants résultats en présagent de plus surprenants encore. Aujourd'hui la chimie est plus en honneur que jamais, et la minéralogie, qui ne comptait naguère qu'un petit nombre d'adeptes, s'est conquis dans ces dernières années une place des plus distinguées dans notre enseignement. La publication du *Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie*, de M. P. Groth, la fondation de la *Société minéralogique*, les sacrifices déjà faits par l'État, les nouveaux ouvrages didactiques[1], toutes ces causes ont puissamment contribué à rendre accessible la science des minéraux ; dans ces conditions, il y a lieu d'espérer que la synthèse minérale ne restera pas en arrière par rapport aux autres branches de la chimie et de l'histoire naturelle. Les résultats acquis dès à présent fournissent de sérieuses raisons de penser que les obscurités qui enveloppent encore la production d'un grand nombre de minéraux seront dissipées au bout d'un petit nombre d'années et qu'il ne restera plus aucune incertitude sur le mode de formation des roches et des filons des différents âges.

BUT DE LA SYNTHÈSE MINÉRALOGIQUE.

Quelques mots vont nous suffire pour préciser les termes dans lesquels se pose le problème : l'espèce minérale est caractérisée par une double série de propriétés : les propriétés chimiques, les propriétés physiques. Les premières dérivent de l'existence d'une molécule, agrégat d'atomes toujours le même pour chaque espèce ; les secondes se coordonnent autour de la disposition régulière des molécules

1. Nous citerons spécialement les Traités de cristallographie de M. P. Groth et de M. Er. Mallard, les Traités de minéralogie (non encore achevés) de M. Tschermak et de M. de Lapparent.

les unes par rapport aux autres; en d'autres termes, la plus importante d'entre elles est la forme cristalline. L'opérateur devra donc s'attacher à rechercher dans ses produits présumés identiques avec une espèce naturelle, l'identité de formule chimique et de forme cristallographique. Il devra y retrouver les autres caractères qui dépendent de l'arrangement spécifique des atomes et des molécules, comme la densité, la dureté, les propriétés thermiques et optiques, ces dernières surtout constituant un puissant moyen de détermination.

Avant d'aller plus loin, il peut être utile de signaler les quelques difficultés qui se présentent. La formule chimique de certains minéraux est très mal déterminée; souvent l'isomorphisme de divers éléments constituants est la cause de cette incertitude; d'autres fois les analyses ont porté forcément sur des produits impurs ou altérés. Presque toujours, les minéraux, en cristallisant, englobent mécaniquement des portions du milieu ambiant, et l'analyse brutale fait figurer dans la formule les substances étrangères. L'examen microscopique et les méthodes de séparation dont dispose la science, diminuent beaucoup cette cause d'erreur. En tout cas, les impuretés peuvent manquer tout à fait dans le produit artificiel ou affecter une nature différente, suivant le milieu employé; les autres caractères devront servir à trancher la difficulté.

L'identité de forme cristalline doit être confirmée par celle de la composition, et surtout, si cela est possible, par l'examen des propriétés optiques, car on peut avoir affaire à des cas d'isomorphisme proprement dit, ou encore, ce qui est plus grave, se trouver en présence de corps de molécules différentes, possédant néanmoins des réseaux cristallins très peu différents.

De même, les propriétés optiques peuvent être, dans certains cas, assez variables eu égard à de faibles écarts de composition chimique; d'autres fois, ces variations sont intimement liées avec la température. De curieux exemples ont été signalés par M. E. Mallard, dans la boracite, le sulfate de potasse, etc. Dans les cas où la déformation de l'ellipsoïde optique est permanente, il conviendra d'apporter une grande attention à ce fait.

La densité, la dureté sont d'utiles caractères spécifiques; la coloration mérite une moindre attention, parce que souvent des traces de pigment ou de fines inclusions suffisent pour la faire naître, ainsi que le dichroïsme.

Il est à peine besoin de faire remarquer la grande différence qui existe entre la *reproduction* des espèces de la famille des pierres précieuses et l'*imitation* qui s'en fait dans le commerce; dans le second cas, on s'attache seulement à retrouver quelques-uns des caractères physiques (coloration, réfringence, dispersion, parfois densité et dureté), sans se préoccuper ni de la constitution chimique, ni de la forme cristalline.

Il est enfin un autre point de vue auquel il importe de considérer les synthèses minérales : nous voulons parler des conditions mêmes de l'expérience et de leur comparaison avec les conditions probables de la formation naturelle de l'espèce correspondante. Nous reviendrons sur ce sujet.

LA SYNTHÈSE MINÉRALOGIQUE AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE.

On peut dire que le but principal des synthèses minérales est d'éclairer la science sur le mode de formation des espèces dans le sein de la terre; s'appuyant sur une expérience de laboratoire, le géologue pourra remonter avec une certaine probabilité aux conditions qui, dans la nature, ont présidé à la production de tel ou tel type. Il convient donc de rappeler sommairement ici même la façon dont les minéraux s'offrent à nous dans la nature.

Ceux-ci, en effet, ne sont pas distribués au hasard sur tous les points du globe et à toutes les profondeurs de l'écorce terrestre. Au contraire, certaines espèces sont infiniment plus répandues que les autres; en même temps chacune d'elles s'associe toujours de préférence à une ou plusieurs autres. Les grandes masses qui composent l'écorce terrestre ont reçu le nom de *roches;* quelquefois une roche est *simple*, c'est-à-dire formée d'un seul élément chimique comme le calcaire, le gypse, l'argile, etc., le plus souvent on a affaire à une roche *composée* de deux ou plusieurs espèces simples.

Tous les géologues distinguent les formations sédimentaires et les formations éruptives. La composition des premières est généralement peu variée : on se trouve en présence de calcaire, de dolomie, de gypse, d'anhydrite, de quartz, de silice, ou de fragments déterminables de roches éruptives plus anciennes. Les roches éruptives sont pour nous bien autrement intéressantes à considérer; leurs éléments constitutifs sont, en effet, la silice à ses divers états, des silicates de nature variée et quelques oxydes; la plupart des éléments affectent l'état cristallin et s'associent suivant des modes très divers, mais aussi d'après des lois précises dont la connaissance constitue la *pétrographie.*

Le microscope appliqué aux roches dans ces dernières années a fait voir que l'état cristallin y est prédominant et que les éléments constituants se sont, à des époques diverses de consolidation, séparés aux dépens d'un magma amorphe, qui dans un grand nombre de cas a disparu sans laisser de traces, parce que sa cristallisation a été complète.

Les plus anciens de ces cristaux (*grands cristaux*) se sont développés librement et se montrent isolés de toutes parts parce qu'ils nageaient dans un magma fluide; les plus récents (*microlithes*) sont finement enchevêtrés.

Il existe encore une autre catégorie importante de minéraux des roches; nous voulons parler de ceux d'origine métamorphique. Des roches sédimentaires formées d'éléments amorphes ou presque amorphes, se sont, sous des influences encore très mal connues, transformées profondément et sont devenues plus ou moins complètement cristallines.

Enfin les minéraux non compris dans les divisions précédentes ne sont autres que ceux des filons; ce sont de beaucoup les plus nombreux et les plus variés. Les plus belles espèces de nos collections appartiennent à cette classe. Ainsi des fentes existant dans des roches se sont lentement remplies après coup par voie d'injection hydrothermique, quelquefois par sublimation. Un grand nombre de minerais métallifères sont venus au jour de cette manière. Dans cette sorte de

gîtes, par suite du mode de formation, les cristaux sont presque toujours implantés par une de leurs extrémités.

Nous aurons soin de donner, avec le nom de chaque espèce, une indication très sommaire de son mode de gisement; cette notion ne saurait être indifférente, même au chimiste.

Dès à présent, nous pouvons faire remarquer que les méthodes de reproduction les plus nombreuses se sont appliquées aux espèces filoniennes. Par contre on ne possède que très peu de documents expérimentaux ayant trait au mécanisme chimique du métamorphisme. Enfin, comme nous le verrons plus loin, la reproduction des roches éruptives basiques a été poussée avec le plus grand succès dans ces dernières années. Mais on ne sait rien du mode de consolidation des types acides ou même de certaines roches intermédiaires; on est encore moins avancé en ce qui concerne les formations gneissiques ou cristallophylliennes, qui constituent le soubassement de l'écorce terrestre.

LA SYNTHÈSE MINÉRALOGIQUE AU POINT DE VUE DES MÉTHODES.

Nous avons déjà fait remarquer que les substances artificielles assimilables aux minéraux ne sont pas toujours les produits d'expériences méthodiques et raisonnées, mais quelquefois des espèces engendrées accidentellement, en dehors de toute intervention de l'expérimentation. Ces substances résultent le plus souvent d'une fusion purement ignée, comme c'est le cas dans les scories des fourneaux de l'industrie; plus rarement, la voie humide est intervenue; parfois il semble qu'il y ait eu sublimation avec réaction d'agents volatils dans les fentes des appareils. La genèse de ces derniers produits est, comme on le pense, enveloppée de grandes obscurités; le rôle du savant se borne à les soumettre à l'examen minéralogique, sans qu'il soit possible de formuler à l'égard de leur production d'hypothèse pouvant éclairer celle des minéraux similaires.

Bien plus fécond est le parti que l'on peut tirer des *méthodes synthétiques*. Assurément elles ne fournissent pas toujours le produit espéré; mais les essais négatifs eux-mêmes peuvent apporter d'utiles renseignements.

Les méthodes mises en œuvre seront indiquées pour chaque espèce; mais il peut y avoir dès à présent avantage à donner un aperçu général sur leur variété et essayer de les classer.

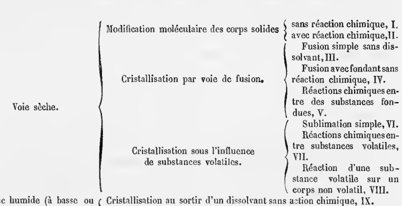
Une telle tâche est malaisée, car il n'est pas rare de voir des synthèses effectuées dans des conditions susceptibles d'être indifféremment attribuées à un mode ou à un autre, ou encore d'être envisagées à deux points de vue distincts.

La voie sèche ou la voie humide a-t-elle fait les frais d'une opération synthétique déterminée? Telle est la question que nous nous poserons d'abord : elle nous intéresse au plus haut point, tant au point de vue géologique que physico-chimique

La température et la pression constituent encore de précieux éléments de spécification. Enfin, dans certaines expériences, il y a de simples changements d'état physique des corps sans réaction chimique proprement dite. Le plus souvent on a fait intervenir des agents étrangers, des composés solubles ou volatils au sein desquels se forme le minéral à reproduire. Dans un grand nombre de cas, ces

substances auxiliaires, qui sont cependant indispensables au succès de l'opération, se retrouvent intactes à la fin de celle-ci. L'état chimique des substances réagissantes est le même qu'au début, et le seul phénomène apparent est la cristallisation du minéral. On dit alors que les milieux employés sont des *agents minéralisateurs*, et dans ce cas la cristallisation est le résultat de deux réactions chimiques inverses l'une de l'autre.

Telles sont les principales divisions qu'il convient de faire dans notre sujet au point de vue des méthodes. On pourra distinguer, à l'exemple de M. C. Fuchs et de MM. Fouqué et Michel-Lévy, les circonstances résumées dans le tableau suivant :



Voie sèche.	Modification moléculaire des corps solides	sans réaction chimique, I. avec réaction chimique, II.
	Cristallisation par voie de fusion.	Fusion simple sans dissolvant, III. Fusion avec fondant sans réaction chimique, IV. Réactions chimiques entre des substances fondues, V.
	Cristallisation sous l'influence de substances volatiles.	Sublimation simple, VI. Réactions chimiques entre substances volatiles, VII. Réaction d'une substance volatile sur un corps non volatil, VIII.
Voie humide (à basse ou haute température, sans pression ou sous pression).	Cristallisation au sortir d'un dissolvant sans action chimique, IX. Réactions chimiques entre deux liquides, X. Réaction d'un liquide sur un solide, XI.	

I. Nous ne citerons que pour mémoire le cas assez rare où un corps se transforme à l'état solide sans fondre et prend un état cristallin qu'il ne possédait pas à l'origine. C'est ce qui a lieu pour certains métaux, pour le soufre, pour l'acide arsénieux.

II. Si, de ce cas simple, nous passons à celui où une réaction chimique intervient, sans qu'il y ait pression, nous nous convaincrons aisément qu'il y a lieu de rapporter bien plutôt les phénomènes observés à ceux où un élément volatil réagit sur un solide et en opère la minéralisation.

III. La fusion simple sans fondant est d'une application très générale ; elle convient à un assez grand nombre de minéraux anhydres, particulièrement aux silicates qui constituent les roches basiques.

La méthode consiste, comme on sait, à fondre le corps à reproduire ou ses éléments chimiques et à abandonner le liquide obtenu à un lent refroidissement. Le phénomène observé est purement physique ; des cristaux se forment dans le liquide et peuvent être isolés par décantation de la partie non solidifiée. Si cette décantation n'est pas possible, on obtient un culot, où la structure cristalline est mise en évidence par l'aspect de la cassure. Souvent, pour l'apercevoir, il est nécessaire de recourir au microscope ; le culot taillé en lame très mince et examiné en lumière

polarisée transmise à la façon des roches, permettra par comparaison d'établir l'identification des espèces obtenues.

Le soufre, le bismuth, la stibine, divers autres sulfures peuvent ainsi se produire par fusion suivie de lent refroidissement.

Le cas où l'on est parti d'un silicate plus ou moins complexe s'accompagne d'une circonstance intéressante. Le passage de l'état liquide à l'état cristallin n'est pas brusque, mais donne lieu à un état intermédiaire. On sait qu'il se forme dans ces circonstances un verre absolument amorphe, si le refroidissement est brusque. Mais si ce verre est recuit plus ou moins longtemps à une température voisine de son point de liquéfaction complète, des cristaux d'abord imparfaits (*cristallites*) s'y développent et envahissent bientôt toute la masse. Cette transformation moléculaire si curieuse est celle qu'on appelle souvent *dévitrification ;* nous verrons l'application qui en a été faite à la synthèse des roches.

La cristallinité complète se trouve atteinte après des périodes variables suivant l'espèce considérée ; souvent on n'obtient que de fins cristaux enchevêtrés ; on donne à ces productions le nom de *microlithes*.

La méthode s'applique avec fruit au péridot, aux divers pyroxènes, à la néphéline, à la leucite, aux feldspaths tricliniques, à la mélilithe, à la gehlénite, au sphène, etc., qui peuvent s'obtenir en culots formés d'une seule espèce de cristaux.

On peut par le même procédé obtenir des associations ; on ne saurait dire alors s'il y a eu ou non réaction chimique au sein du verre fondu. Le plus souvent, dans ce cas, les éléments les moins fusibles se déposent avant les autres. On peut préparer alors des espèces qui ne s'obtiendraient que difficilement par fusion simple, comme la tridymite, les oxydes de fer, la pérowskite, etc.

Ces opérations de fusion peuvent être poursuivies soit dans des fourneaux ordinaires de laboratoire, soit dans des fourneaux à vent, lorsqu'on travaille en grand. Les culots de petites dimensions se préparent avec avantage dans le four Perrot, ou bien dans celui de Forquignon et Leclerc, lequel, alimenté par le gaz d'éclairage et par l'air atmosphérique venant d'une trompe, permet de porter quelques décigrammes de matière à la température du blanc éblouissant. Il offre de plus le précieux avantage de se régler avec la plus grande facilité, et de pouvoir maintenir indéfiniment une température déterminée. Les creusets de platine conviennent plus que tous les autres aux expériences de fusion dans presque tous les cas.

IV. On fait cristalliser par l'emploi d'un fondant approprié un grand nombre de substances qui, chauffées seules, se montreraient réfractaires ou bien encore se détruiraient.

Le fondant employé est le plus souvent un sel, généralement un chlorure.

On fond ce corps avec addition des éléments de la substance à reproduire, et par refroidissement lent et lessivage de la masse, on isole celle-ci à l'état cristallisé.

Le fondant n'a rien cédé ni rien pris, et son action semble toute physique. Ainsi le chlorure de calcium permet la cristallisation du silicate (M. Lechartier) ou du phosphate de chaux qu'on y projette, lorsqu'il est en fusion (Deville). Beaucoup d'autres exemples pourraient être cités.

Il convient cependant de remarquer que deux réactions chimiques inverses

peuvent avoir trouvé place dans une opération de ce genre; on rentrerait alors dans le cas suivant.

V. La fusion avec réactions chimiques a été appliquée à la production d'un grand nombre de minéraux appartenant à la classe des sels. On a le plus souvent mis à profit une double décomposition s'effectuant entre deux composés salins, renfermant l'un l'acide et l'autre les bases du corps à reproduire. Le produit accessoire qui prend naissance sert de fondant et s'élimine par lessivage. On peut reproduire ainsi beaucoup de sulfates, chromates, phosphates, arséniates, borates, tungstates, molybdates, vanadates, etc.

Ainsi Manross a obtenu la barytine par fusion du chlorure de baryum avec le sulfate de potasse.

Il est à remarquer la parenté étroite qui existe entre ce procédé et le précédent. On ferait cristalliser la barytine par fusion du sulfate de baryte amorphe avec le sel marin. Le fait s'explique aisément par la considération des doubles décompositions limitées par une réaction inverse.

M. Hautefeuille a appliqué ce procédé à la formation de minéraux siliceux des plus importants. Ainsi la fusion de la silice amorphe avec le tungstate de soude lui a fourni, suivant la température, du quartz ou de la tridymite. L'explication du phénomène réside dans l'antagonisme des acides silicique et tungstique qui se disputent l'alcali employé.

On peut encore citer la belle expérience par laquelle MM. Fremy et Feil ont obtenu le corindon : ces expérimentateurs déplaçaient par la silice l'alumine d'un aluminate de plomb fondu et ont produit ce minéral en cristaux magnifiques.

VI. Un petit nombre de minéraux se montrent volatils sans altération et recristallisent sous leur forme normale. Tels sont : le soufre, l'arsenic, l'acide arsénieux, les sulfures d'arsenic, le cinabre, le calomel, la blende, etc. La sublimation s'effectue dans des appareils connus de tout le monde, et sur lesquels il est superflu de revenir.

Dans la nature et dans les cristallisations accidentelles, beaucoup de produits implantés sur les parois de crevasses semblent s'être formés par voie de sublimation. Le plus souvent il y a intervention d'agents volatils étrangers et l'on est ramené au cas suivant. Presque toujours les sublimations dans des gaz en apparence inertes sont dues, comme l'a montré H. Sainte-Claire Deville, à la coexistence de deux réactions inverses. Dans quelques cas cependant, nous voyons le passage d'un gaz inerte comme l'azote activer la sublimation de minéraux peu volatils comme la blende.

VII. On peut par réaction de deux substances volatiles, obtenir dans des appareils convenables à haute température la synthèse de diverses espèces. Citons notamment la préparation des oxydes par réaction de la vapeur d'eau sur des chlorures volatilisés. Les expériences faites dans ce sens sont celles de Gay-Lussac, de Durocher, de M. Daubrée, de M. Stanislas Meunier, etc.

«1 cesens qu'elle rappelle le mode probable de formation des espèces dans les

VIII. La méthode de réaction d'une substance volatile sur un solide est précieuse en ce sens qu'elle rappelle le mode probable de formation des espèces dans les

fumerolles volcaniques et dans certains filons. H. Sainte-Claire Deville surtout a tiré un merveilleux parti de ce mode opératoire et en a expliqué le mécanisme. Il a montré comment une quantité limitée d'un gaz pouvait suffire à faire cristalliser une quantité indéfinie de telle ou telle substance. L'emploi du fluorure de silicium comme agent minéralisateur lui a donné diverses substances cristallines, et ses expériences semblent jeter quelque jour sur le mode de formation des filons stannifères et autres.

Dans d'autres expériences, le gaz réagissant est employé par le solide à la synthèse d'un minéral dont la cristallisation est d'autant plus parfaite que le courant gazeux est plus lent.

IX. Plusieurs minéraux sont solubles dans l'eau (chlorures, azotates, sulfates); il est facile, comme on sait, de les obtenir en échantillons beaucoup plus beaux que ceux de la nature en se servant d'une dissolution aqueuse. La cristallisation se fait, soit par évaporation, soit par refroidissement.

Il y a rarement lieu d'employer un dissolvant autre que l'eau; citons cependant l'exemple classique du soufre extrait par évaporation dans le sulfure de carbone ou encore celui du chlorure d'argent dissous dans l'ammoniaque.

H. Sainte-Claire Deville a montré que l'on pouvait faire cristalliser par voie aqueuse des substances même très peu solubles dans l'eau, comme le chlorure d'argent, le sulfate de baryte, l'oxyde d'antimoine. La substance amorphe chauffée et refroidie un grand nombre de fois en présence de l'eau cristallise à la longue, les gros cristaux s'accroissant à chaque opération aux dépens des petits.

X. Les précipitations par réaction chimique fournissent le plus souvent, dans la pratique des opérations habituelles, des produits gélatineux, amorphes, ou tout au plus très imparfaitement cristallisés. En général l'état cristallin est d'autant plus parfait que la réaction s'est effectuée moins brusquement.

Aussi un des procédés les plus efficaces pour obtenir un minéral par réaction de deux solutions consiste à retarder beaucoup leur mélange en réduisant au-dessous d'une limite très resserrée leur surface de contact. On emploie pour ce but les appareils servant à étudier les lois de la diffusion des liquides. On peut superposer les substances réagissantes par ordre de densité, isoler l'une d'entre elles par un vase fêlé, par une cloison poreuse, une membrane, les faire communiquer par une mèche, etc. L'expérience apprend dans chaque cas le dispositif à préférer.

Il y a lieu le plus souvent d'opérer sur des liquides très dilués, ou bien encore de faire l'expérience à chaud, car les précipités gélatineux se forment alors moins facilement.

XI. Diverses espèces minérales cristallisent par réaction d'un liquide sur un solide; cette méthode est très propre à obtenir une extrême lenteur de réaction. Il y a lieu de placer ici les actions électriques dont s'est servi Becquerel avec tant de succès. Leur mécanisme et leur portée ont été décrites avec une grande autorité dans le premier volume de cette *encyclopédie*[1]. Nous croyons devoir y renvoyer le

1. H. Becquerel, t. I. Jascic, II, p. 519

lecteur en rappelant que certaines réactions s'exerçant à travers des espaces capillaires ne sauraient s'expliquer, sans faire intervenir une force électromotrice.

Emploi de la pression. — L'observation géologique nous démontre que la production d'un grand nombre de substances s'est faite en présence d'éléments volatils en même temps que sous l'action d'une haute température; une énorme pression s'exerçait donc à ce moment.

Les chimistes se sont appliqués à reproduire au moins une partie de ces conditions; et la synthèse minérale a tiré des opérations faites en vase clos sous pression un parti aussi grand que la synthèse organique.

Bien souvent en effet, dans ces circonstances, l'affinité s'exerce d'une tout autre manière qu'à la température ou à la pression ordinaire, des corps inertes se changent en puissants minéralisateurs, des matières gélatineuses cristallisent, etc.

Rappelons l'admirable série de travaux de de Sénarmont, les expériences de M. Daubrée, et tout récemment les procédés qui ont fourni à MM. Friedel et Sarasin, le quartz, la tridymite, les feldspaths orthose et albite, plusieurs zéolithes, etc.

Les opérations sous pression se font le plus souvent dans des tubes de verre vert scellés à la lampe, lorsqu'une haute température n'est pas nécessaire. On emploie les mêmes dispositifs que pour l'attaque des silicates par les acides sous pression, ou pour les synthèses organiques. Les tubes de verre dans lesquels sont enfermées les substances réagissantes sont eux-mêmes introduits dans des tubes métalliques afin de rendre les explosions inoffensives. Pour chauffer pendant longtemps à une température parfaitement déterminée, il est très avantageux d'employer l'appareil de M. Wiesnegg, essentiellement composé d'un bloc de fonte percé de trous où s'engagent les tubes : un régulateur de M. d'Arsonval régit l'admission du gaz employé au chauffage.

Il est difficile de dépasser, dans un tube de verre rempli d'eau, la température de 300°; des appareils plus résistants ont été conçus en vue des opérations poussées plus haut. MM. Friedel et Sarasin, Fouqué et Michel-Lévy, ont fait construire des tubes en acier intérieurement doublés de platine. La fermeture a lieu au moyen d'une rondelle de platine écrasée entre la tranche du tube et un disque d'acier sur lequel pèsent une ou plusieurs vis de pression. Il est très commode pour le nettoyage du tube que celui-ci soit muni à chaque extrémité d'une semblable fermeture.

Le plus souvent ces appareils résistent à la pression qu'y développe la vapeur d'eau lorsqu'on la chauffe au rouge. Lorsqu'il y a eu rupture, grâce aux propriétés de l'acier employé, on a observé non une projection violente d'éclats, mais un gonflement du tube, puis une déchirure longitudinale. D'ailleurs MM. Friedel et Sarasin viennent de faire construire un grand modèle susceptible d'une résistance presque indéfinie.

APPLICATIONS DE LA SYNTHÈSE MINÉRALOGIQUE.

Nous avons déjà parlé de la haute portée géologique des opérations synthétiques appliquées au règne minéral; la minéralogie pure n'a pas un moindre profit à tirer des expériences effectuées dans cette voie.

Il est, en effet, d'un extrême intérêt de comparer les formes cristallines, les

macles, les clivages, etc., des composés naturels à ceux des produits artificiels. On sait que la prédominance de certaines formes est un élément très variable pour la même espèce suivant le gisement, suivant les conditions de la formation.

La voie expérimentale constitue un moyen de combler les lacunes que présentent certaines séries; c'est par ces procédés qu'on est arrivé à connaître parfaitement tous les types de quelques-unes d'entre elles, par exemple celles des spinelles ou des apatites.

On sait d'autre part le rôle que joue l'isomorphisme dans la constitution des minéraux; la voie synthétique permet souvent de préparer des corps ne renfermant qu'un seul des éléments isomorphes. La comparaison de ces types francs avec les combinaisons mixtes qu'offre la nature, est des plus intéressantes; on a ainsi procédé, par exemple, pour la série des pyroxènes, grâce aux travaux de M. Lechartier. Dans d'autres cas, comme pour les feldspaths produits par fusion ignée, les expériences de MM. Fouqué et Michel-Lévy démontrent qu'on ne peut par cette voie mettre en évidence l'isomorphisme de l'albite et de l'anorthite.

Les variations de composition des minéraux tiennent encore à une autre cause qu'à l'isomorphisme de leurs éléments constituants. Les inclusions de minéraux étrangers conduiraient à une formule d'une extrême complication, si l'on acceptait sans contrôle les résultats de l'analyse en bloc. La synthèse minérale permettra souvent de préparer le corps en question absolument pur, ou encore avec des inclusions toutes différentes; la véritable formule pourra ainsi être rigoureusement déterminée; tel est le cas de la pétalite préparée par M. Hautefeuille.

De même certains minéraux d'une extrême rareté, se préparent sans difficulté dans les laboratoires; on aura donc ainsi un moyen détourné mais sûr de fixer leur formule; il en a été ainsi pour la hopéite, reproduite par MM. Friedel et Sarasin.

Il y a lieu enfin de dire quelques mots de l'utilité technique de la synthèse minérale, laquelle est, on le pense bien, des plus restreintes.

En effet, les minéraux ne sont industriellement utilisés qu'à raison de leur constitution chimique ou comme matériaux de construction; la classe seule des gemmes fait exception; dans celles-ci, la pureté chimique, la forme cristalline bien développée, les dimensions, la coloration vive et uniforme jouent un rôle capital. Un assez grand nombre de pierres précieuses ont été reproduites; quelques-unes, comme le diamant et la topaze, ont défié les efforts de tous les expérimentateurs. En général les produits obtenus sont de dimensions beaucoup trop restreintes pour se prêter à la taille; il en est ainsi même des beaux échantillons de corindon préparés par MM. Fremy et Feil. D'ailleurs presque tous les essais ont été faits dans un but de science pure, sans préoccupations industrielles; il semble que le moment ne soit pas encore venu où des produits de laboratoire pourront rivaliser commercialement avec les gemmes naturelles.

DES MOYENS D'ÉTUDE DES MINÉRAUX ARTIFICIELS.

Nous terminerons ces généralités en rappelant aux lecteurs les procédés pratiques permettant d'étudier le produit d'une opération synthétique.

Il y aura lieu d'abord d'effectuer l'analyse immédiate, autrement dit la séparation aussi parfaite que possible du produit principal et des substances accessoires. Le plus souvent il suffit d'épuiser la masse par l'eau chaude, parfois il convient de s'aider d'un acide approprié, plus rarement d'une lessive alcaline. L'examen microscopique sommaire permet de s'assurer de la pureté du produit obtenu ; on jugera ainsi si les inclusions sont abondantes, si une matière amorphe accompagne les cristaux. S'il existe deux ou plusieurs produits cristallisés différents, on pourra souvent les séparer par la lévigation, par un triage mécanique ou encore par les procédés de MM. Thoulet, D. Klein et Bréon.

Il n'y a rien de particulier à dire au sujet de l'analyse des substances obtenues ; ajoutons seulement que, pour les essais qualitatifs, il sera souvent très avantageux de faire usage de procédés micro-chimiques.

Les mesures goniométriques s'effectuent de la manière ordinaire ; les images sont le plus souvent satisfaisantes, le seul obstacle est la petitesse des cristaux. S'il ne peut faire des mesures d'angles dièdres, le chimiste s'attachera à mesurer quelques angles plans par le moyen de la platine tournante du microscope.

L'examen microscopique et optique des cristaux libres se fait très aisément en les disposant sur une lame de verre, les noyant dans le baume de Canada et recouvrant le tout d'une lamelle.

Les minéraux artificiels, lorsqu'ils se présentent en masse cristalline ou enchâssés dans une gangue, se traitent à la façon des roches naturelles. On pourra les faire tailler en lames épaisses de quelques centièmes de millimètre que l'on dépose sur un verre avec du baume de Canada et une lamelle [1]. Il convient d'employer toujours comme support des verres en forme de rectangle peu allongé.

Si l'on veut faire une collection de préparations microscopiques, il sera commode de les conserver dans des tiroirs divisés par des lattes en compartiments de la dimension d'une préparation. Celle-ci reposera, par l'intermédiaire de deux tasseaux, au-dessus de l'échantillon renfermé dans un petit tube.

Les observations que permet de faire le microscope ont pris de nos jours une extension considérable. Sur les plus petits cristaux, l'œil armé de cet instrument distingue aisément les facettes dominantes, les macles, les clivages, les inclusions, etc. De plus, lorsque l'objet est transparent, le microscope fera reconnaître le relief, les couleurs propres par transmission. L'introduction d'un polariseur fait voir le dichroïsme s'il existe ; l'appareil de polarisation complet avec la platine tournante fait reconnaître la double réfraction, la direction des extinctions.

Des dispositions additionnelles tout à fait ingénieuses permettent de mesurer sur le porte-objet les dimensions absolues, les angles dièdres, le degré de biréfringence [2]. Mais il y a lieu surtout de rappeler l'avantage considérable que l'on peut retirer de l'emploi de la lumière polarisée convergente. Les procédés de MM. Von Lasaulx et Em. Bertrand s'appliquent sans difficulté aux microscopes ordinaires. Rien n'est plus aisé par ces moyens que de reconnaître si la double réfraction est uniaxe ou biaxe, et dans le second cas, quelle est la position du plan des axes optiques et leur écartement.

1. Voir Fouqué et Michel-Lévy, *Minéralogie micrographique*, p. 8. Paris, Quantin. 1879.
2. Michel Lévy, *Bull Soc. Min*. 1883, t. VI, p. 143.

L'ensemble de tous ces procédés d'investigation concourt à appuyer les données de l'analyse chimique et à empêcher toute erreur de détermination.

Nous croyons devoir borner ici ces généralités. La partie spéciale de notre fascicule comprendra une série d'articles consacrés à chaque minéral reproduit. Le titre de chacun d'eux offrira le nom minéralogique de la substance; il sera accompagné de la formule chimique. Nous croyons utile de donner non seulement la formule en équivalents, mais encore la formule atomique, que nous distinguons par un caractère italique. Quelques mots rappelleront la manière d'être dans la nature; les méthodes de reproduction seront sommairement exposées avec les noms des auteurs, le plus souvent, par ordre chronologique. On fera mention, lorsque cela sera nécessaire, des composés chimiques n'existant pas dans la nature, mais complétant des séries de minéraux isomorphes, comme l'oxyde de chrome, la leucite ferrifère, etc.

L'ordre adopté est celui d'une classification chimique des minéraux, c'est-à-dire, que nous parlerons d'abord des métalloïdes, des métaux, puis des composés binaires, sulfures, oxydes, chlorures, fluorures. Enfin la grande catégorie des sels trouvera sa place à commencer par les plus importants minéralogiquement : les silicates.

L'ouvrage se terminera par un chapitre spécial relatif à la reproduction des roches.

Un supplément de quelques pages sera publié à la fin de l'ouvrage et renfermera les synthèses minérales survenues pendant le courant de l'impression ainsi que les additions et rectifications. Un appendice semblable paraîtra avec le dernier volume de l'*Encyclopédie*.

Enfin le lecteur trouvera à la fin du volume une planche où nous avons cru devoir rassembler quelques-uns des appareils les plus intéressants au point de vue de la synthèse minéralogique. Peut-être nous saura-t-il quelque gré d'avoir fait représenter le four de Forquignon et Leclerc, le bloc de Wiesnegg avec régulateur d'Arsonval, le grand tube de MM. Friedel et Sarasin, enfin le grand microscope de Nachet, destiné aux recherches de minéralogie et de pétrographie.

Une seconde planche contiendra quelques spécimens artificiels de minéraux et de roches.

CORPS SIMPLES

MÉTALLOÏDES

DIAMANT.

Nous citons ici cette espèce seulement pour mémoire ; elle n'a jamais été reproduite même à l'état submicroscopique et les conditions de sa formation sont absolument inconnues. Nous n'aurons donc à enregistrer que des essais infructueux[1].

Jusqu'à ces dernières années, du reste, le diamant n'avait pas été rencontré en place. Ce n'est que tout récemment que M. M. Chaper l'a trouvé dans les pegmatites de l'Inde centrale et M. H. Gorceix dans des schistes micacés azoïques du Brésil.

L'examen microscopique du diamant permet d'y reconnaître de nombreuses inclusions remplies de liquides hydrocarburés plus ou moins volatils et altérables[2]; il semble d'après ces observations, et d'après le gisement primitif du diamant dans des roches granitiques ou cristallophylliennes, qu'il a dû prendre naissance sous forte pression, à une température relativement basse, peut-être par décomposition d'hydrocarbures. Il est imprudent, jusqu'à ce que l'expérience fournisse de nouvelles données, de se prononcer sur l'origine du diamant.

Divers expérimentateurs ont cherché à obtenir le diamant en volatilisant le carbone dans l'arc électrique ; ils ont obtenu ainsi des substances vitreuses ou cristallines qu'ils ont prises pour du diamant, mais qu'un examen ultérieur a montrées n'être que des silicates ou du graphite. C'est dans cette voie qu'ont opéré Silliman[3], Cagniard de Latour[4], Gannal[5], Despretz[6].

Tout récemment MM. Mactear et Hannay ont annoncé, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*[7], avoir obtenu des produits cristallins identiques au diamant en décomposant des substances organiques en vase clos à haute température ; l'examen ultérieur n'a pas confirmé les prévisions de ces expérimentateurs.

1. Voir d'ailleurs l'article *Carbone*, t. II, 2e sect., 2e fascicule, p. 19.
2. Brewster. *Phil. Mag.*, 1863, t. XXV, p. 174, et Göppert, *J. f. Min.*, 1864, p. 198
3. *Schweigg. Jahrb. Chem. Phys.*, 1825, t. XXXIX. p. 87.
4. *Journ. de Chim.*, t. V, p. 38. — *Pogg. Ann.*, 1828, t. XC, p. 535.
5. *Schweigg. Jahrb. Chem. Phys.*, 1828, t. III, p. 468.
6. *Bibl. univ. Genève*, t. XXIV, 281. — *C. R.*, t XXXVII, p. 369. — *L'Inst.*, 1853, p. 303.
7. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 125, 249 et 676.

GRAPHITE.

L'autre forme du carbone s'obtient au contraire assez aisément dans l'industrie et les laboratoires. Quoique son gisement naturel appartienne aussi à la série cristallophyllienne, il est cependant constant que le graphite se produit lorsque le carbone sous ses diverses variétés est calciné en vase clos à une très haute température. Le graphite se reconnaît, comme l'on sait, à son aspect et à la transformation que lui font subir certains agents oxydants en le changeant en *acide graphitique*.

C'est surtout dans les produits des hauts-fourneaux que le graphite se rencontre. Tantôt il fait saillie dans les cavités des scories ; tantôt il s'accumule en paillettes dans les fentes des parois. Le plus souvent, il s'isole de la fonte de fer au milieu même de la masse.

Il se produit encore, comme l'a montré H. Sainte-Claire Deville, lorsque l'on fait passer un courant de chlorure de carbone en vapeurs sur de la fonte en fusion.

Le graphite prend naissance par la calcination à l'abri de l'air et à très haute température, des diverses variétés de carbone, même du diamant (Jacquelain) [1], des substances organiques. Il se rencontre toujours dans le charbon de cornue.

(Voir l'article *Carbone*, t. II, 2e section, 2e fascicule, p. 20-30.)

SOUFRE.

Les gisements naturels du soufre ont été décrits avec un soin extrême par M. Sorel dans le cours même de cet ouvrage [2]. Tout le monde sait qu'il se forme encore de nos jours dans les fumerolles volcaniques; il semble souvent résulter de la réaction réciproque des gaz sulfureux et sulfhydrique.

Des cristaux de soufre b^1, $b^{1/2}$ de formation contemporaine, provenant vraisemblablement de la réduction du gypse par des substances organiques, ont été trouvés à Paris et étudiés par M. Daubrée [3].

Peu de substances parmi les corps simples sont aussi intéressantes que le soufre sous le rapport des propriétés physiques anormales et des états allotropiques variés. Nous n'avons à considérer ici que les états cristallins ; on en connaît actuellement trois : la forme octaédrique rhombique (des cristaux naturels); la forme prismatique clinorhombique (ne se rencontrant pas dans la nature); enfin nous ajouterons qu'une variété anorthique a été découverte par M. Silvestri [4] dans des produits volcaniques et retrouvée accidentellement dans une opération de laboratoire par M. Friedel [5].

Il y a peu de chose à dire ici sur la manière de faire cristalliser le soufre : cette question a été traitée tout au long dans le courant de cet ouvrage [6]. Rappelons seule-

1. *C. R.*, 1847, t. XXIV, p. 1050. — *Ann. de phys. et chim.*, t. XX, p. 459.
2. T. V, p. 25.
3. *C. R.*, 1881, t. XCII, p. 101.
4. *Gazz. Chim. Ital.*, t. III, 1873, p. 578.
5. *Bull. Soc. chim.*, 1881.
6. Margottet, article *Soufre*, t. II, 2e sect., 1er fascicule, p. 9-17.

ment que l'évaporation lente d'une solution dans le sulfure de carbone fournit des octaèdres rhombiques magnifiques ($b^{1/2}$, b^1, p, m, e^2) identiques aux échantillons de Sicile.

SÉLÉNIUM.

Cette espèce est très rare dans la nature et ne s'y présente qu'en échantillons imparfaits et impurs. Dans les laboratoires, le sélénium ne s'obtient guère qu'en granules confusément cristallisés, en très fines écailles, en masses compactes. Les plus beaux spécimens ont été préparés par Mitscherlich[1] en soumettant du sélénium pulvérulent en présence du sulfure de carbone à des alternatives répétées de chaud et de froid. Il se fait à la longue des cristaux clinorhombiques isomorphes avec ceux de soufre, offrant les faces m, p, $d^{1/2}$, $b^{1/2}$, h^1, h^5. (Voir du reste l'article *Sélénium*, t. II, 2e sect., 1er fascicule, p. 801.)

SULFURES DE SÉLÉNIUM.

MM. Bettendorf et vom Rath[2] ont fondu du soufre avec du sélénium en diverses proportions, repris par CS^2, et évaporé lentement. Ils ont ainsi obtenu des mélanges de soufre et de sélénium, isomorphes avec le soufre clinorhombique h^5, g^1, $b^{1/2}$, $d^{1/2}$, e^2, identiques avec les sulfures de sélénium naturels.

MÉTALLOÏDES OU MÉTAUX RHOMBOÉDRIQUES

TELLURE.

Le tellure cristallise aisément par fusion en rhomboèdres de 86° 57′ ; clivages p facile, a^1. Il se forme aussi, par réduction des solutions telluriques, des cristaux où le prisme e^2 accompagne le rhomboèdre.

M. Margottet[3] a préparé du tellure en beaux prismes hexagonaux bipyramidés e^2 $pe^{1/2}$ soit par sublimation de ce corps dans le vide ou dans un gaz inerte, soit en exposant à l'air libre dans un flacon mal bouché une solution aqueuse de tellurure de potassium. (Voir l'article *Tellure*, t. II, 2e section, 1er fasc., p. 217.)

ARSENIC.

Ce corps cristallise aisément, soit dans l'industrie, soit dans les laboratoires, par voie de sublimation en cristaux rhomboédriques identiques à ceux des filons naturels.

1. *Pogg. Ann*, t. XI, 1827, p. 323 et 511. — *Ibid*, t. XVIII, 1830, p. 168.
2. *Pogg. Ann.*, 1870, t. CXXXIX, p. 323.
3. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142; et thèse pour le doctorat ès sciences physiques.

Durocher[1] a reproduit les mêmes cristaux par réaction mutuelle à chaud du chlorure d'arsenic et de l'hydrogène.

De Sénarmont[2] s'est appliqué à faire cristalliser l'arsenic par voie humide sous pression. Il chauffait en tube scellé un sulfure d'arsenic pulvérulent avec une solution de bicarbonate de soude; l'opération exige, si l'on part du réalgar, une température de 325°; elle réussit à 250°, si l'on part du sous-sulfure résultant de l'attaque de AsS^2 ou AsS^3 par une lessive alcaline.

ANTIMOINE.

Les pains d'antimoine du commerce offrent constamment une belle structure cristalline. Les arborisations que présente la surface des pains sont dues à des groupements de trois rhomboèdres dont les axes font entre eux des angles de 120° (M. Rammelsberg). Il est du reste facile d'obtenir des cristaux distincts par le même procédé que pour le bismuth; ce sont des rhomboèdres de 87° 35′ avec clivages p et a^1.

On prépare des cristaux isolés d'antimoine en fondant ce métal avec un excès de sulfure, et reprenant par l'acide chlorhydrique.

On peut encore obtenir l'antimoine cristallisé par voie humide, mais les échantillons sont beaucoup moins beaux.

Enfin Durocher[3] l'a préparé par réaction mutuelle à chaud du chlorure d'antimoine et de l'hydrogène.

BISMUTH.

Ce métal s'obtient, comme l'on sait, avec une grande facilité par fusion et refroidissement lent; il forme alors de magnifiques rhomboèdres de 87° 40′, rarement basés; on observe le clivage a^1.

Le bismuth réduit par voie humide offre un aspect cristallin, mais beaucoup moins prononcé; on n'obtient que des grains ou de fines écailles.

ZINC.

Ce métal est très rare à l'état natif. Il cristallise artificiellement par fusion suivie de décantation[4] en pyramides hexagonales (Stolba). G. Rose et Nicklès l'ont observé aussi en cristaux du système régulier, par exemple $\frac{1}{2} b^7$.

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXII, p. 129. — *L'Inst.* 1851, p. 97. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 212.
3. *C. R.* 1851, t. XXXII, p. 823.
4. *Ann. de chim. et phys.* (3) t. XXII, p. 37.

MÉTAUX QUADRATIQUES

ÉTAIN.

Ce métal est très rare à l'état natif. Il cristallise assez facilement par fusion; les plus beaux échantillons ont été signalés par Breithaupt[1] dans les établissements métallurgiques du Cornouailles.

Le meilleur moyen de faire cristalliser l'étain consiste à se servir de la voie humide, particulièrement en opérant galvaniquement la réduction du métal. On observe les faces p, m, a^1, a^3, h^1 et h^3; macles suivant a^1 ou a^3 (Stolba).

On a aussi rencontré de l'étain cristallisé dans le système rhombique ou dans le système cubique.

MÉTAUX CUBIQUES

FER.

Gisements. — Le fer natif ne se rencontre que dans les météorites ou dans un très petit nombre de roches basiques terrestres, comme le basalte d'Ovifak (Groënland). Il forme dans les deux cas des amas irréguliers empâtant les autres éléments de la roche, et paraît avoir pris naissance par réduction. Il est presque toujours nickélifère.

Reproductions accidentelles. — Les diverses variétés de fer du commerce présentent fréquemment une structure plus ou moins confusément cristalline. Dans un assez grand nombre d'échantillons de haut-fourneau, le fer s'est rencontré sous forme de cristaux distincts.

Voici quelques exemples empruntés pour la plupart au traité de M. C. Fuchs, page 18.

Octaèdres dans le fer ductile de divers hauts-fourneaux (Hausmann)[2].

Cubes dans un bloc de fer enclavé dans la paroi d'un haut-fourneau (Wöhler)[3].

Octaèdres à clivage cubique de provenance semblable (Nöggerath)[4].

Beaux cristaux à clivage cubique dans un four à puddler (Cornuel)[5].

Fer à structure réticulée trouvé à Teschen[6] entre des scories et du charbon.

1. *Pogg. Ann.*, t. XL, p. 436, et t. LVIII, p. 660.
2. *Gött. gelehrt. Anz.*, 1817, p. 101.
3. *Pogg. Ann.*, t. XXVI, p. 182.
4. *Schweig. Jahrb. Chem.*, 1825, t. XLIV, p. 251.
5. *C. R.*, 1852, t. XXXV, p. 961.
6. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanst.*, 1850, p. 151.

Octaèdre signalé par Carnall[1] dans une cavité d'un lingot provenant de l'usine de Malapane.

Cubes avec facettes b^1, trouvés par Ulrich[2] dans une fabrique d'acier.

Cube de 5 millimètres de côté signalé par Breguet[3] dans les produits d'un four de fusion.

Beaux cristaux à faces concaves a^1, p, b^1, de fer très pur, légèrement oxydé superficiellement, dans la collection de la Direction supérieure des Mines, à Berlin.

Géode formée par retrait dans un bloc d'acier fondu, remplie d'arborisations remarquables par leur volume, présentée par M. Gautier à la Société minéralogique[4].

Cristaux octaédriques d'acier maclés suivant a^1, dans les soufflures des barres d'acier cémenté de Suède (M. Holtzer)[5].

Méthodes de reproduction. — On prépare de beaux cristaux cubiques de fer en réduisant au rouge sombre le protochlorure de fer par un lent courant d'hydrogène (M. Peligot et Durocher).

Cette méthode a été appliquée avec un plein succès par M. Stanislas Meunier[6] à la reproduction du fer nickélifère météorique. Il employait des mélanges de chlorures de fer et de nickel en diverses proportions.

Il a notamment obtenu de belles aiguilles de composition $NiFe^6$ existant dans les météorites. Certains échantillons lui ont donné par l'action des acides les figures de Widmannstätten.

PLOMB.

Ce corps est très rare et amorphe dans la nature, il est cependant assez facile de le faire cristalliser.

Pajot[7] a le premier signalé du plomb cristallisé par fusion et refroidissement ; on possède des observations semblables faites par Monyez, Braunsdorf et Marx[8].

La cristallisation du plomb se fait par le même procédé que celle du bismuth ; le métal se présente sous forme de petits octaèdres réguliers à arêtes courbes toujours groupés en arborisations.

De beaux cristaux de plomb ont été signalés par Nöggerath et von Leonhard[9] dans des produits métallurgiques ; ils avaient jusqu'à 2 centimètres de côté.

Tout le monde sait que le plomb pauvre que l'on sépare du plomb argentifère dans l'opération du *pattinsonage* est formé de très petits cristaux.

Le plomb cristallise aussi par voie humide, particulièrement sous l'influence d'un courant électrique. Il se fait ainsi de belles lamelles. L'*arbre de Saturne* est une expérience classique.

1. *Dingl. pol. J.*, t. CLI, p. 428. — *N. Jahrb. Pharm.*, t. XI, p. 265. — *J. pr. Chem.*, t. LXXVI, p. 235.
2. *Jahrb. f. Min.*, 1856, p. 666.
3. *Ch. News*, t. VI, p. 261. — *Jahresb.*, 1862, p. 190.
4. *Bull. Soc. min.*, 1879, t. II, p. 120.
5. *C. R.*, 1883, t. XCV, p. 490.
6. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 855.
7. *Observ. sur la phys.*, t. XXXVIII, 1791, p. 52.
8. *J. f. prakt. Chem.*, t. I, p. 120. — *Schweigg. Jahrb. Chem.*, t. LVII, p. 193.
9. V. Leonhard, *Hütten-Erzeugnisse*, p. 343.

Enfin, Durocher[1] a fait cristalliser le plomb en réduisant au rouge son chlorure par l'hydrogène.

CUIVRE.

Gisement. — Ce métal forme principalement des amas ou des veines dans certains grès (lac Supérieur); plus rarement il se rencontre dans des roches basiques. Il s'est manifestement formé par voie de réduction.

Reproductions accidentelles. — On trouve fréquemment le cuivre cristallisé en octaèdres dans les produits métallurgiques (mattes, cuivres noirs, lingots, etc.); les principales provenances sont : Campiglia (Toscane), Riechelsdorf, Dillenburg, Lautenthal (Harz), Mitterberg (Tyrol).

On connaît aussi des cristaux de cuivre formés accidentellement par réduction à la surface des boisages des mines de cuivre (Rio-Tinto, Graslitz), ou sur des objets métalliques.

Wöhler[2] a étudié l'aventurine de Venise et a fait voir que ce verre doit son éclat à d'innombrables paillettes hexagonales de cuivre réduit.

Méthodes de reproduction. — Le refroidissement lent du cuivre en fusion donne ce métal en petits cristaux qui sont toujours des octaèdres réguliers.

La voie humide fournit le meilleur moyen d'obtenir du cuivre en cristaux. On réduit, comme l'on sait, les solutions cuivreuses par diverses substances (matières organiques, acides peu oxygénés, métaux), ou bien on fait intervenir le galvanisme.

La réduction du cuivre est accélérée lorsqu'on opère en vase clos à 250° (de Sénarmont)[3].

Souvent le cuivre obtenu est filiforme comme celui de la nature.

Les formes du cuivre réduit par voie humide sont les mêmes que celles du cuivre naturel. On y a reconnu les faces p, a^1, b^1 (Mallet)[4]; les cristaux sont souvent allongés démesurément suivant un axe quaternaire.

M. Sidot[5] a préparé de petits octaèdres de cuivre en réduisant une solution de sulfate par un bâton de phosphore. L'opération se fait à froid, à la longue; il convient de renouveler le sulfate à plusieurs reprises. Le cuivre forme une croûte entourant le bâton; il est associé à un phosphure de cuivre.

M. Margottet[6] a fait réagir l'hydrogène au rouge vif sur le sulfure de cuivre; il a préparé ainsi de beaux échantillons de cuivre filiforme. Il a de même obtenu des alliages filiformes de cuivre et d'argent en réduisant des mélanges de sulfures ou de séléniures des deux métaux.

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
2. *Gött. gelehrt. Anz.*, 1842, t. V, p. 1785.
3. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, 3e série, t. XXXII, p. 129.
4. *Sill. Am. J.*, t. XXX, p. 253. — *J. f. pr. Chem.*, 1861, t. LXXXIV, p. 63.
5. *C. R.*, 1877, t. LXXXIX, p. 1454.
6. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142 et thèse.

ARGENT.

L'argent natif est un minéral de filons.

Il est facile de faire cristalliser l'argent par fusion et refroidissement; les culots obtenus dans les laboratoires offrent souvent des arborisations superficielles.

On trouve fréquemment des petits octaèdres d'argent dans les soufflures des culots de coupelle. Les faces de l'octaèdre sont en général trémiées; les macles se font parallèlement à une face; on observe encore les modifications p et b^1 (Hausmann)[1].

Haidinger[2] a observé que les globules d'argent qu'on fond au chalumeau se refroidissent bien souvent de telle sorte que les molécules s'orientent comme dans un cristal unique. Il en résulte à la surface une belle apparence réticulée permettant de reconnaître les faces du cube, du dodécaèdre et surtout celles de l'octaèdre dont les incidences ont pu être mesurées.

On a signalé des octaèdres d'argent de 2 millimètres de diamètre produits dans l'usine de Schmölnitz[3] par volatilisation du mercure d'un amalgame.

Scheerer[4] a trouvé dans une fente de la sole d'un fourneau de Freiberg un bel échantillon d'argent filiforme.

Warrington[5] rapporte un cas très singulier de cristallisation spontanée de l'argent massif. Un vase de ce métal, retrouvé entre Bow et Stratford, après un long enfouissement, s'est montré cassant et entièrement cristallin. La surface était devenue rugueuse et le microscope faisait voir qu'elle devait ses aspérités à un grand nombre de petits cubes.

Il est facile d'obtenir dans les laboratoires l'argent cristallin par voie humide. On peut, soit faire agir l'électricité sur des dissolutions d'argent, soit les réduire par un métal plus oxydable, ou par une solution avide d'oxygène. On a ainsi des précipités tantôt noirs, tantôt d'un gris éclatant. Le microscope montre que ces précipités sont entièrement cristallins; et formés par des octaèdres simples, ou groupés en étoiles à six branches. Macle a^1. On a observé aussi les formes b^1 et même b^1, $b^1/_3$, $b^1/_7$ (Dauber)[6].

De Sénarmont[7] a observé que la réduction de l'argent par voie humide se fait plus rapidement en vase clos à la température de 150°.

Durocher[8] a fait cristalliser l'argent en réduisant son chlorure au rouge par un courant d'hydrogène.

Becquerel[9], en faisant communiquer par un espace capillaire une solution de nitrate d'argent avec une solution de sulfure de potassium, a obtenu non du sulfure d'argent, mais de l'argent métallique en dendrites. On a la même réaction, mais beaucoup plus lente, en remplaçant le sulfure de potassium par la potasse (Voir

1. *Abh. d. k. Ges. d. Wis. z. Gött.*, t. IV, p. 224. — *Beitr. z. metall. Krystallkunde*, p. 4.
2. Fuchs, *Die künst. dargest. Min.*, p. 153.
3. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1850, p. 50. — *Jahrb. f. Min.*, 1853, p. 703.
4. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 368.
5. *Lond. Edinb. Phil. Mag.*, t. XXIV, p. 503. — *Jahrb. f. Min.*, 1845, p. 117.
6. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXVIII, p. 8. — *Jahresb.*, 1851, p. 368.
7. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, t. XXXII, p. 129.
8. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
9. *C. R.*, 1874, t. LXXVIII, p. 1081.

pour l'explication des phénomènes électrocapillaires l'article sur l'*Électrochimie*[1]).

M. Margottet[2] a trouvé un remarquable procédé pour préparer l'argent filiforme; c'est sans doute de cette façon que s'est formé celui de la nature. Il fait passer un courant d'hydrogène sur du sulfure d'argent chauffé à 440°. On voit des aigrettes du métal se former perpendiculairement à la surface des fragments de sulfure; ceux-ci se détruisent peu à peu en même temps que les aigrettes s'allongent et se transforment en fils ou rubans contournés de la façon la plus capricieuse. L'auteur compare ce phénomène à celui des *serpents de Pharaon*.

M. Riban[3], en décomposant à 175° en vase clos des solutions de formiate ou d'acétate d'argent, a obtenu de l'argent en partie cristallin, en partie filiforme.

AMALGAME, ARQUÉRITE, KONGSBERGITE.

Les cristaux naturels n'offrent pas une composition fixe.

L'amalgamation de l'argent dans les laboratoires ou dans l'industrie donne naissance à des masses cristallines et cassantes; parfois même à des cristaux isolés. En voici quelques exemples.

A la monnaie de Bordeaux, on a trouvé au fond d'un vase où l'on avait abandonné, depuis vingt-cinq ans, le résidu de la refonte des écus de six francs avec un excès de mercure, de beaux cristaux d'amalgame. Ils étaient moins argentifères que ceux de la nature; formule $AgHg^3$ (M. Dumas)[4].

De même Kopecki[5] a signalé la formation de beaux dodécaèdres allongés au fond d'une cuve d'amalgamation à Joachimsthal. Les propriétés physiques étaient celles de l'amalgame naturel, l'analyse n'a pas été faite.

Tout le monde connaît l'expérience de l'*arbre de Diane;* c'est un amalgame d'argent en beaux cristaux qui s'obtient en faisant réagir lentement un amalgame d'argent riche en mercure sur une solution nitrique renfermant les deux métaux.

Becquerel a obtenu des amalgames cristallins, en faisant réagir dans un espace capillaire du sulfure de potassium sur un mélange de nitrates d'argent et de mercure.

OR.

L'or natif est un minéral des filons, on le rencontre généralement dans des alluvions, arraché à son gisement primitif.

L'or cristallise aisément par voie de fusion suivie de refroidissement; il se présente en octaèdres, rarement en cubes; les arêtes sont courbes, les faces inégales et trémiées.

L'or s'obtient aussi en précipités cristallins dans les laboratoires, lorsque le chlorure d'or est additionné d'un produit réducteur.

On peut encore préparer de beaux cristaux d'or suivant la méthode de Knoffl. On

1. T. I, fasc. 2, p. 159.
2. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142.
3. *C. R.*, 1880, t. XCIII, p. 1084 et 1143. — *Bull. Soc. chim.* t. XXXVIII, p. 108 et 156.
4. *C. R*, 1869, t. LXIX, p. 757.
5. *Mittheil. v. Freund. d. Nat. Wiss. in Wien.*, t. IV, p. 308. — *Jahrb. f. Min.*, 1849, p. 317

chauffe[1] à 80° pendant 8 jours un amalgame de 20 parties de mercure contre une d'or; le mercure s'évapore lentement et laisse un résidu cristallin qu'on débarrasse du mercure en excès par une attaque à l'acide nitrique bouillant suivie d'une calcination. On recueille ainsi des cubes ou autres formes du système cubique, à faces très brillantes.

M. Margottet[2] a reproduit l'or filiforme en faisant passer sur de l'or métallique chauffé au rouge, d'abord des vapeurs de tellure, puis un courant d'hydrogène.

PLATINE.

Les gisements du platine sont analogues à ceux de l'or.

Ce métal recuit pendant plusieurs jours à une température voisine de celle de sa fusion ne tarde pas à prendre une structure cristalline; il devient moiré, puis rugueux et très cassant. Ebelmen[3] a même observé, sur la paroi d'un creuset qui lui avait servi dans ses expériences, la formation d'octaèdres ou cubo-octaèdres distincts.

Quand on attaque lentement le platine par l'eau régale, on voit d'abord sa surface présenter le phénomène du moiré métallique, puis, l'attaque continuant, elle devient terne, grise et rugueuse On reconnaît très aisément à la loupe la présence d'une foule de petits cristaux octaédriques ou tétraédriques (Phipson)[4].

On obtient le platine sous forme de poudre grise cristalline, en réduisant ses dissolutions par certains agents ou encore en attaquant ses alliages par des acides ne dissolvant pas le platine.

M. Daubrée[5] a préparé, par fusion des éléments, des alliages de platine et de fer de compositions diverses. Ceux qui renfermaient de 16 à 21 pour 100 de fer étaient magnétipolaires comme les échantillons naturels.

M. H. Sainte-Claire Deville et M. Debray[6] ont produit de même un alliage cristallisé non magnétique contenant 11 pour 100 de fer.

IRIDIUM.

M. H. Debray[7] a obtenu des cristaux cubiques d'osmium et d'iridium, par fusion de ces métaux avec un mélange de pyrite et de borax, suivie d'une attaque à l'acide chlorhydrique.

SYSSERSKITE ET NEWJANSKITE.

En opérant de même sur un alliage d'iridium et d'osmium, il a préparé des octaèdres réguliers souvent tabulaires, identiques aux osmiures d'iridium naturels.

1. *Dingl. pol. J.*, t. CLXVIII, p. 282. — *Chem. Centr.*, 1863, p. 741.
2. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142, et thèse.
3. *C. R.*, 1841, t. XXXII, p. 712.
4. *Chem. News*, t. V, p. 144.
5. *Géologie expérimentale*, p. 124.
6. *C. R.*, 1862, t. LIV, p. 1139.
7. *C. R.*, 1882, t. XCV, p. 879.

SULFURES, SÉLÉNIURES, TELLURURES, ARSÉNIURES, ET ANTIMONIURES[1]

PROTOSULFURES, ETC., CUBIQUES

ALABANDINE.

MnS *MnS*

On a trouvé des échantillons d'une alabandine ferrifère accidentellement cristallisés à Königshütte[2] sous forme d'une masse dans les cavités de laquelle se présentaient des octaèdres réguliers, simples ou modifiés par les faces du dodécaèdre.

La méthode de de Sénarmont, appliquée au sulfure de manganèse, ne fournit ce produit que sous forme de précipité amorphe.

M. Carnot[3] obtient en moins d'un quart d'heure des cristaux de protosulfure de manganèse en faisant passer un courant d'acide sulfhydrique sur un composé quelconque à base de manganèse chauffé au rouge sombre.

TROILITE.

FeS *FeS*

Ce minéral ne se montre que dans les météorites; il est toujours en grains irréguliers sans cristallisation distincte.

Il est identique avec le sulfure de fer des laboratoires, lequel offre parfois des indices de cristallinité.

M. Baubigny[4] a obtenu un proto-sulfure de fer cristallin, très résistant aux

1. Nous rangeons les arséniures et les antimoniures avec les sulfures, parce que l'on observe plusieurs cas d'isomorphisme, l'arsenic ou l'antimoine remplaçant le soufre atome pour atome, ou un équivalent des premiers pour deux du dernier.
2. Fuchs, *Die künst. darg. Min.*, p. 44.
3. Expérience inédite, 1881.
4. Expérience inédite, 1883.

acides, en chauffant en vase clos à 80° pendant quelques jours une solution de sulfate de fer avec une atmosphère d'acide sulfhydrique.

BLENDE.

ZnS *ZnS*

Gisement. — Ce composé est toujours un minéral de filons concrétionnés.

Reproductions accidentelles. — On a fréquemment rencontré des échantillons de blende dans les produits des usines métallurgiques. Elle forme des masses cristallines de nuances variées, lamelleuses ou compactes. L'éclat est métallique ou adamantin; le produit est plus poreux que la blende naturelle. On voit souvent dans les cavités des cristaux octaédriques portant les modifications p et b^1. Les principales provenances sont l'usine d'argent de Lautenthal (Harz), l'usine Frédéric de Hesse, où se traitent des schistes cuivreux de Mansfeld, et surtout celle de Susum dans les monts Altaï (v. Leonhard)[1].

Parfois la blende s'est formée par voie humide, du sulfate de zinc ayant été réduit par des substances organiques. C'est ainsi qu'on a trouvé[2] des cristaux de blende sur les vieux boisages de la mine de Silbersand, près Mayen (Prusse Rhénane).

Méthodes de reproduction. — C'est sans doute à la würtzite que doit être rapporté le produit cristallin obtenu par Delme[3] en chauffant un mélange de soufre et d'oxyde de zinc. Il en est de même de celui qu'a préparé M. Sidot[4] par fusion et recuit prolongé du sulfure de zinc amorphe.

De Sénarmont[5] a reproduit la blende en chauffant à 200° en vase clos du sulfure de zinc amorphe avec une dissolution sursaturée d'acide sulfhydrique.

Durocher[6] a obtenu le même composé en faisant réagir dans un tube chauffé au rouge l'acide sulfhydrique sur le chlorure de zinc; on recueille ainsi des cristaux gris ou gris brunâtre, dont la forme dominante est le tétraèdre.

M. Baubigny[7] prépare la blende cristallisée en chauffant en vase clos une solution un peu acide de sulfate de zinc dans une atmosphère d'acide sulfhydrique.

On peut citer trois corps qui n'existent pas dans la nature, mais qui trouvent leur place ici, parce qu'ils sont isomorphes avec la blende. Ce sont le *séléniure de zinc*, le *tellurure de zinc* et le *tellurure de cadmium*. M. Margottet[8] les a préparés en recuisant le séléniure ou le tellurure amorphe dans un courant d'hydrogène. Ce sont des dodécaèdres rhomboïdaux, très allongés suivant un axe ternaire,

1. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 356.
2. Fuchs, *Die künst. darg. Min.*, p. 47.
3. Gmelin, *Handb. d. Chem.*, 5e édit. t. III, p. 18.
4. *C. R.*, 1866, t. LXII, p. 999.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de phys. et chim.*, t. XXXII, p. 129.
6. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
7. Expérience inédite, 1883.
8. *C. R.*, t. LXXXV, 1877, p. 1142, et thèse.

et simulant des prismes hexagonaux à pointement rhomboédrique; ils sont absolument isotropes.

GALÈNE.

PbS *PbS*

Gisement. — Ce minéral appartient exclusivement aux filons concrétionnés; on e trouve parfois dans ceux d'étain.

Reproductions accidentelles. — La galène se rencontre très fréquemment dans les produits des établissements métallurgiques, à l'état de cristallisation fortuite. Elle forme alors des cubes à faces inégales et trémiées, très rarement des octaèdres (v. Leonhard)[1]. L'éclat est moins vif et la couleur plus bleue, la porosité plus grande que dans le produit naturel; le clivage cubique est très marqué. Dans les usines allemandes, on donne à ces galènes accidentelles le nom de *Ofenbruch*. Tantôt la cristallisation s'est faite par fusion dans les fentes de la sole; d'autres fois elle se trouve suspendue aux voûtes des fourneaux ou dans les cheminées, et semble s'être formée par voie de sublimation. Les principales provenances sont Riechelsdorf, Ems, Holzappel, Frankenschaarn, Bleiberg (Carinthie), Freiberg (Saxe), Tarnowitz.

M. Gonnard[2] a trouvé, au fond d'un creuset, dans une cristallerie de Lyon, de la galène en petits cubes avec chalcopyrite.

On a signalé encore[3] la galène parmi les cristaux engendrés par la combustion des houillères.

Parfois aussi la galène s'est constituée par voie humide; ainsi M. Daubrée[4] l'a découverte parmi les produits accidentels des dépôts de l'eau minérale de Bourbonne-les-Bains.

Méthodes de reproduction. — De Sénarmont[5] a réussi à transformer du sulfure de plomb amorphe en galène, en le chauffant à 150° pendant quelques heures avec de l'eau très chargée d'acide sulfhydrique. Pour arriver à ce résultat, il refoulait ce gaz avec une pompe, ou bien encore il le produisait directement dans l'appareil en décomposant du bisulfure d'hydrogène.

Durocher[6] a préparé de la galène en petits cristaux ou lamelles cubiques très brillantes en chauffant au rouge le chlorure ou le sulfate de plomb dans un courant de gaz sulfhydrique.

Becquerel[7] a appliqué la voie humide à la reproduction de la galène. Un des

1. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 346.
2. *Bull. Soc. min.* 1879, t. II, p. 186.
3. Geiger, *Jahrb. f. Min.*, 1834, p. 638, et Mayençon, *C. R.*, 1878, t. LXXXVI, p. 491.
4. *C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 182.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. chim. phys.*, t. XXX, p. 139, et XXXII, p. 129. — *L'Inst.*, 1851, p. 97. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 212.
6. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
7. *C. R.*, t. XXXII, p. 409, et t. XLIV, p. 938. — *L'Inst.*, 1851, p. 97, et 1857, p. 159. — *Ann. chim. phys.*, t. LIX, p. 105. — *Jahrb. f. Min.*, 1834, p. 54. — *Arch. Pharm. Nat.*, t. XXIV, p. 207. — *Phil. Mag.*, t. XIV, p. 76. — *Chem. centr.*, 1857, p. 398.

procédés employés ressemble un peu à celui de de Sénarmont : on chauffait à 100 ou 150° sous forte pression, un liquide et un solide capables de donner du sulfure de plomb par réaction mutuelle; quelques gouttes d'éther ou de sulfure de carbone introduites dans le tube servaient à donner la pression. La galène se présente sous forme de lamelles très brillantes.

Le second procédé de Becquerel consiste en une action lente à la température ordinaire. On garnit le fond d'un tube de verre d'une couche de sulfure de mercure dans laquelle on plonge une baguette de plomb, et l'on recouvre le tout d'une solution de chlorure de magnésium. Il ne tarde pas à se faire du chlorure de plomb et quelques jours après, la paroi du tube se couvre au-dessus du sulfure de mercure, d'une cristallisation de galène en tétraèdres.

C. Flach[1] a préparé le même corps sous forme de cubes en plongeant pendant un an un canon de soufre dans une solution alcaline d'oxyde de plomb.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour obtenir la galène par voie sèche. Ainsi Stolba[2] calcine dans un creuset de terre un mélange de craie et de galène pulvérisée; après refroidissement, on trouve les parois incrustées de beaux cristaux de galène.

M. F. de Marigny[3] a préparé de remarquables échantillons par fusion dans un creuset réfractaire d'un mélange de 300 grammes de litharge, 60 grammes de pyrite et 6 grammes d'amidon, le tout recouvert d'une couche de verre de borax pulvérisé.

Enfin, on peut faire concourir des gaz à la cristallisation de la galène. Rodwell[4] a le premier transformé le sulfure de plomb amorphe en produit cristallisé par une calcination prolongée dans l'hydrogène, l'acide carbonique ou l'oxyde de carbone. Le sulfure se contracte et cristallise sans qu'il y ait fusion, en cubes ou octaèdres tabulaires; on observe la sublimation d'une partie des cristaux.

M. Schlagdenhauffen a vu se former des cristaux de galène en faisant passer sur de l'oxyde plombique au rouge un courant de vapeurs de soufre ou de sulfure de carbone.

M. Sidot[5] a également préparé des cristaux cubiques de galène en chauffant au rouge du silicate de plomb dans un courant de vapeur de soufre.

M. Carnot[6] a observé qu'il se forme très rapidement des cristaux de galène, lorsqu'un composé plombique est chauffé au rouge sombre dans un courant d'acide sulfhydrique.

CLAUSTHALITE.

PbSe *PbSe*.

Little[7] avait préparé, par fusion des éléments, du séléniure de plomb compacte avec la densité du minéral naturel.

1. Fuchs, *Die künst. darg. Min.*, p. 43.
2. *J. pr. Chem.*, t. LXXXIX, p. 122. — *Chem. Centr.*, 1863, p. 768. — *Jahresb.*, 1863, p. 242.
3. *C. R.*, t. LVIII, p. 967. — *Jahrb. f. Min.*, 1864. p. 967.
4. *Chem. Soc. Journ.* (2), t. I, p. 42. — *Zeits. f. anal. Chem.*, t. II, p. 370. — *Jahresb.*, 1863, p. 243. — *Chem. Centr.*, 1863, p. 865.
5. *C. R.*, 1865, t. LXII, p. 999.
6. Expérience inédite.
7. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXII, p. 211. — *Chem. Centr.*, 1860, p. 121.

M. Margottet[1] a reproduit la clausthalite cristallisée en soumettant au rouge le séléniure de plomb compacte à l'action d'un courant d'hydrogène; il se forme par volatilisation des cubes à clivages cubiques, tout à fait analogues à ceux de galène.

ALTAITE.

PbTe *PbTe.*

La même méthode a été appliquée par M. Margottet à la préparation du tellurure de plomb[2] cristallisé; on opère comme pour le séléniure, et le produit obtenu présente l'aspect, la forme cristalline et le clivage de celui-ci.

SULFURE DE CUIVRE OCTAÉDRIQUE.

Cu^2S *Cu^2S.*

Nous allons citer ici un certain nombre d'observations relatives à la production d'un *sulfure cuivreux* cristallisant dans le système cubique, et qui ne se présente point dans la nature. Cette espèce est, comme on voit, dimorphe de la *chal cosine.*

On l'a observée accidentellement cristallisée dans une fente de la sole d'un fourneau à cuivre de Mansfeld. L'échantillon a été analysé par M. Rammelsberg[3] qui y a trouvé une notable proportion de fer, nickel, cobalt, zinc, manganèse, à l'état d'éléments isomorphes. Ce sont des octaèdres avec facettes du cube, d'un rouge de cuivre clair, parfois teinté de bleu d'acier. D = 4,75 à 5,5.

Le sulfure de cuivre a été obtenu en octaèdres par Mitscherlich[4] qui employait la fusion des éléments.

Enfin, M. Margottet[5] a préparé le même composé en calcinant au rouge sombre du cuivre dans un courant d'azote entraînant du soufre en vapeurs; il se forme des octaèdres réguliers maclés suivant a^1. D = 5,65.

BERZÉLIANITE.

Cu^2Se *Cu^2Se.*

Little[6] avait préparé ce composé, mais seulement à l'état de masse cristalline par union directe des éléments. D = 6,55.

M. Margottet[7], en faisant passer un courant d'azote chargé de vapeurs de soufre sur du cuivre chauffé au rouge, a vu se former de beaux octaèdres d'un noir bleuâtre avec éclat métallique, constitués par du séléniure cuivreux.

Il a obtenu de même du *tellurure cuivreux* Cu^2Te en octaèdres réguliers.

1. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142 et thèse.
2. *Loc. cit.*
3. *Métallurgie*, p. 224.
4. *Pogg. Ann.*, t. XXVIII, p. 157.
5. *Loc. cit.*
6. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXII, p. 211. — *Ch. Centr.*, 1860, p. 121.
7. *Loc. cit.*

TIEMANNITE.

HgSe *HgSe.*

Le séléniure de mercure avait été obtenu par Little[1], sous forme de petits octaèdres réguliers violaeés répondant à la formule HgSe. Le poids spécifique 8,887 est un peu plus élevé que celui de la tiemannite naturelle. L'auteur sublimait le séléniure brut provenant de l'union directe de ses deux éléments.

M. Margottet[2] a mis en œuvre le même procédé (sublimation très lente du séléniure de mercure dans le vide ou même dans un gaz inerte). Il recueille des octaèdres réguliers maclés suivant a^1. D = 8,21. Il y a identité avec la tiemannite.

COLORADOITE

HgTe *HgTe.*

Par le même procédé, M. Margottet[2] a réussi à obtenir du *tellurure de mercure* HgTe, pur et bien cristallisé en cubo-octaèdres souvent déformés. Ce corps ne se rencontre pas dans la nature à l'état de pureté, mais toujours mélangé intimement avec d'autres minéraux tellurés.

ARGYROSE.

AgS *Ag^2S.*

Gisement. — L'argyrose est exclusivement un minéral de filons.

Reproduction accidentelle. — Elle a été signalée par Müller[3] comme formant fréquemment des enduits gris d'acier, à éclat métallique sur les parois des galeries récemment ouvertes dans les mines d'argent. Elle se forme seulement sur les surfaces exposées au contact des gaz dégagés par la combustion de la poudre de mine, et vraisemblablement leur emprunte le soufre, lequel réagit lentement sur les dissolutions métalliques qui ruissellent sur les parois.

Méthodes de reproduction. — Durocher[4] n'a obtenu que du sulfure d'argent compacte par réaction au rouge de l'hydrogène sulfuré sur le chlorure d'argent.

MM. Dumas[5] et Stas[6] ont reproduit du sulfure d'argent cristallisé en faisan passer de la vapeur de soufre sur de l'argent chauffé au rouge.

1. Fuchs, *Die künst. darg. Min.*, p. 50.
2. *C. R.*, t. LXXXV, 1877, p. 1142 et thèse.
3. *Berg. und Hütten. Zeitung*, 1855, n° 35, p. 271 — *Jahrb. f. Min.*, 1856, p. 440.
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
5. *Ann. de ph. et ch.*, 1859, t. LV, p. 129.
6. *Bull. Acad. Bruxelles*. t. XXXVII. p. 255.

De même, en substituant l'acide sulfhydrique à la vapeur de soufre, MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost[1] ont donné naissance à des cristaux d'argyrose.

M. Carnot[2] a remarqué que, si l'on fait passer un courant du même gaz sur un composé argentifère quelconque, il suffit de quelques minutes, en opérant au rouge sombre, pour voir cristalliser le sulfure d'argent.

M. Margottet[3] a fait passer sur de l'argent chauffé au rouge sombre un courant d'azote entraînant des vapeurs de soufre. Il a suivi de près le mécanisme de la formation de l'argyrose, laquelle se fait sans qu'il y ait fusion. De fines dendrites prennent d'abord naissance, puis elles semblent se résorber et donnent lieu à une cristallisation de sulfure d'argent en dodécaèdres rhomboïdaux mesurables.

La voie humide a aussi été mise à profit pour l'obtention de l'argyrose. Becquerel[4] l'a préparée sous forme de lamelles cristallines par le procédé qui lui avait donné la galène (chauffage en tube scellé à 150° sous de très fortes pressions de substances capables de donner du sulfure d'argent par réaction mutuelle).

Geitner[5] a mis en œuvre une méthode très intéressante, à la suite d'un travail d'ensemble sur la réaction mutuelle de l'acide sulfureux et des métaux. Il chauffait ceux-ci en tube scellé à 200° avec une solution d'acide sulfureux, et obtenait en général un sulfure. Lorsque le métal employé est l'argent, on recueille de petits cristaux d'argyrose. Cette méthode ne réussit pas avec le plomb.

JALPAITE.

$[Cu^2,Ag]S$ $[Cu,Ag]^2S$.

M. Margottet[6] a obtenu des sulfures doubles de cuivre et d'argent cristallisés en octaèdres réguliers, maclés suivant a^1, par l'emploi de sa méthode appliquée à des alliages de cuivre et d'argent. On obtient ainsi des mélanges isomorphes des deux sulfures en toutes proportions.

Il est à remarquer que ces produits sont dimorphes de la *stroméyérine* naturelle, laquelle est isomorphe avec la chalcosine.

EUCAIRITE.

$[Cu^2,Ag]Se$ $[Cu,Ag]^2Se$.

M. Margottet[7] a obtenu de même ce séléniure double en octaèdres réguliers.

1. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 920.
2. Expérience inédite.
3. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142, et Thèse.
4. *C. R.*, t. XLIV, p. 938. — *L'Inst.*, 1857, p. 159. — *Arch. Pharm. nat.*, t. XXIV, p. 207. — *Chem. Centr.*, 1857, p. 598. — *Phil. Mag.*, t. XIV, p. 76.
5. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIX, p. 350. — *J. pr. Chem.*, t. XCIII, p. 97. — *Jahresb.* 1864, p. 142. — *Chem. Centr.*, 1864, p. 652.
6. *Loc. cit.*
7. *Lsc. cit.*

NAUMANNITE.

AgSe — *Ag²Se.*

Ce corps assez rare est, comme l'argyrose, un minéral filonien. M. Margottet lui a appliqué sa méthode[1], et vu qu'il se fait d'abord de longs filaments de séléniure qui se résorbent bientôt en donnant naissance à des cristaux d'un gris d'acier offrant la forme de dodécaèdres rhomboïdaux.

HESSITE.

AgTe — *Ag²Te.*

Ce minéral très rare est aussi un minéral de filons; M. Margottet lui a appliqué la même méthode et l'a reproduit en octaèdres réguliers souvent groupés en chapelets.

PETZITE.

(Ag,Au)Te — *(Ag,Au)²Te.*

M. Margottet[2], en chauffant à 440° dans le vide des feuilles d'or dans la vapeur de tellure, a préparé un *tellurure d'or* AuTe cristallisé.

Il a de même opéré sur des alliages d'or et d'argent ; dans ce cas, il n'est pas nécessaire de faire le vide. On recueille des tellurures doubles d'argent et d'or de compositions très diverses ; ce sont des dodécaèdres rhomboïdaux noirs à éclat métallique, d'autant plus fusibles qu'ils sont plus aurifères.

Cette expérience est très intéressante, en ce sens qu'elle montre que l'or monoatomique peut, dans certains cas, se substituer à l'argent par voie d'isomorphisme.

PROTOSULFURES NON CUBIQUES.

MILLÉRITE.

NiS — *NiS.*

Ce composé est un minéral de filons assez rare. De Sénarmont[3] en a tenté sans succès la reproduction à l'état cristallin. Il chauffait en vase clos à 160° le mélange de deux solutions, l'une de sulfure de potassium, l'autre d'un sel de nickel ; il n'a recueilli ainsi qu'un dépôt noir amorphe et, sur les parois du tube, un enduit jaune de formule Ni^3S^4. En ajoutant aux substances réagissantes du bicarbonate de soude en excès, il a obtenu des dépôts analogues, mais constitués par du protosulfure amorphe.

1. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142, et Thèse.
2. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142, et Thèse.
3. *Ann. de Phys. et Chim.*, 1851, 3e série, t. XXXII, p. 129.

M. Baubigny [1] obtient la millérite en chauffant en vase clos à 80° une dissolution un peu acide de sulfate ou d'acétate de nickel avec une atmosphère d'acide sulfhydrique. Il se forme à la surface du liquide des cristaux aciculaires de millérite, peu attaquables aux acides.

M. Hjortdahl [2] a obtenu le *protosulfure de cobalt* CoS (minéral tout récemment trouvé aux Indes orientales) en fondant un mélange de sulfate de cobalt, de sulfure de baryum et de chlorure de sodium. Ce sont des prismes d'un gris d'acier, sans doute isomorphes avec la millérite.

NICKÉLINE.

Ni^2As *NiAs*

Ce composé, qu'on désigne aussi du nom de *kupfernickel*, est un minéral des filons concrétionnés. Il a été fréquemment signalé comme reproduit accidentellement dans les établissements métallurgiques. Mais la détermination de ces substances laisse à désirer soit comme composition, soit comme forme cristalline. On peut citer les exemples signalés par Gurlt [3], Wöhler [4], Döbereiner [5].

On produit encore des arséniures de nickel cristallisés par fusion des éléments ou par réduction de l'arséniate dans un creuset, mais les échantillons obtenus varient de composition et sont tantôt cubiques, tantôt hexagonaux. M. Rammelsberg [6] admet que l'arsenic rhomboédrique peut se mélanger par voie d'isomorphisme en toute proportion avec les métaux cubiques.

Durocher [7] a obtenu des cristaux de nickéline par sa méthode consistant à faire passer sur du chlorure de nickel chauffé au rouge de l'hydrogène avec des vapeurs d'acide arsénieux.

BREITHAUPTITE.

Ni^2Sb ou NiSb *NiSb*

Ce corps peut s'obtenir à l'état confusément cristallin par fusion des éléments (Stromeyer) [8].

Plusieurs cas de formation d'antimoniure de nickel cristallisé ont été observés dans les usines métallurgiques. Des cristaux rhombiques ont pu être mesurés, comme dans les fours de Holzappel (Sandberger) [9] et de Clausthal (Hausmann) [10]. Mais il n'y a pas constance de composition, et il reste des doutes sur la reproduction de la breithauptite.

1. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 963.
2. *C. R.*, 1862, t. LXV, p. 75.
3. Fuchs, *Die künst. darg. Min.*, p. 37.
4. *Pogg. Ann.*, 1832, t. XXV, p. 302.
5. *Gilbert's Ann.*, 1823, t. LXXIII, p. 226.
6. *Berl. Acad. Berichte*, 1863, p. 188.
7. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
8. *Pogg. Ann.*, t. XXXI, p. 134.
9. *Pogg. Ann.*, t. CIII, p. 526. — *J. f. pr. Chem.*, t. LXXVI, p. 62. — *Chem. Centr.*, 1858, p. 364.
10. *Nachr. d. Ges. d. Wiss. z. Gött.*, 1852, p. 177. — *Ph. Centr.*, 1852, p. 793. — *L'Inst.* 1853, p. 17

WURTZITE.

ZnS *ZnS.*

Ce composé, dimorphe de la blende et isomorphe avec la greenockite, constitue un minéral de filons rare; mais en revanche, il cristallise artificiellement avec une facilité beaucoup plus grande que le sulfure cubique. Il est possible que certains produits accidentels, considérés comme étant de la blende, doivent être rapportés à la wurtzite (Voir *Blende*).

Avant même que M. Friedel eût découvert l'existence de la wurtzite naturelle, MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost [1] avaient réussi à préparer ce corps en lamelles hexagonales; ils calcinaient au rouge vif le sulfure de zinc amorphe dans un courant d'hydrogène très lent.

Les mêmes auteurs ont encore préparé le même corps en beaux prismes dodécagones basés m, h^1, p, en fondant un mélange de sulfure de baryum, de sulfate de zinc et de spath-fluor.

M. Sidot [2] a recueilli des prismes hexagonaux sublimés de sulfure de zinc atteignant 3 millimètres, par réaction au rouge-cerise de la vapeur de soufre sur l'oxyde de zinc. Si la température est moins élevée, le sulfure ne forme qu'une masse cristalline.

M. Sidot [3] a encore obtenu le même composé par sublimation du sulfure de zinc amorphe ou encore de la blende à une température très élevée dans un courant de vapeur de soufre, d'acide sulfhydrique, d'acide sulfureux ou d'azote. Les cristaux recueillis se font remarquer par leur belle phosphorescence.

M. Friedel [4] en a fait une détermination cristallographique complète. Les faces les plus développées sont m h^1; on remarque aussi les pointements b^1 et $b^{1/2}$. Clivages : h^1 facile, p difficile. Il y a isomorphisme complet avec la greenockite. La double réfraction est faible, uniaxe positive.

M. Hautefeuille [5] a réussi à préparer de la wurtzite en cristaux terminés aux deux extrémités; il a employé un perfectionnement très ingénieux de la méthode de M. Sidot. Pour cela il calcine au fond d'un creuset de porcelaine du sulfure de zinc amorphe recouvert d'alumine en poudre très légère. Il y a sublimation, et l'on recueille au milieu de la masse incohérente d'alumine des prismes de wurtzite offrant une pyramide à une extrémité, et la base à l'autre. Ils sont par conséquent antihémiédriques (hémimorphes) à la façon de la greenockite.

M. Hautefeuille [6] a fait en outre de très curieuses expériences sur la transformation de la blende en wurtzite. Certains cristaux dodécaèdres de blende à zones diversement colorées agissent sur la lumière polarisée en montrant des bandes hémitropes suivant un axe de symétrie ternaire. Or un fort recuit fait disparaître ces

1. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 920.
2. *C. R.*, 1866, t. LXII, p. 999.
3. *C. R.*, 1866, t. LXIII, p. 188.
4. *C. R.*, 1866, t. LXII, p. 1001.
5. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 824.
6. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 774.

bandes et transforme le cristal de blende sans changement de configuration extérieure en un cristal de wurtzite, dont tous les éléments possèdent la même orientation.

GREENOCKITE

CdS *CdS.*

La greenockite est un minéral filonien très rare ; diverses méthodes en ont fourni de beaux échantillons artificiels.

Durocher[1] l'a reproduite le premier par réaction mutuelle au rouge de l'acide sulfhydrique et du chlorure de cadmium en vapeurs.

M. Schüler[2] a préparé la greenockite par calcination de sulfure du cadmium amorphe avec du carbonate de potasse et du soufre, ces deux derniers réactifs étant employés en excès. On recueille au fond du creuset de petits cristaux composés du prisme, d'une pyramide et de faces hémièdres non déterminées.

MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost[3] ont également appliqué la méthode de fusion à la production du même minéral ; ils fondaient un mélange d'oxyde de cadmium, de sulfure de baryum et de fluorure de calcium.

Les mêmes auteurs[3] ont fait cristalliser la greenockite par sublimation au rouge blanc du sulfure de cadmium amorphe dans un courant d'hydrogène.

M. Geitner[4] a mis en œuvre la voie humide, il a appliqué sa méthode consistant à chauffer en tube scellé à 200° du cadmium métallique avec une solution d'acide sulfureux ; il se fait du sulfure en partie amorphe, en partie cristallisé sous forme de prismes hexagonaux.

M. Sidot[5] a opéré comme pour le sulfure de zinc; il calcine au rouge blanc de l'oxyde de cadmium dans la vapeur de soufre : de beaux échantillons prennent ainsi naissance.

Signalons encore de jolis cristaux de greenockite préparés en 1880, dans le laboratoire de M. Fremy, au Muséum, par MM. Ferrières et Dupont; la méthode de MM. Sainte-Claire Deville et Troost avait été mise à profit. Les cristaux d'un brun rougeâtre offraient le prisme hexagonal avec la base et une pyramide; l'hémimorphisme était fréquent comme sur les échantillons naturels.

De même que pour la wurtzite, M. Hautefeuille[6] a perfectionné d'une manière très élégante le procédé de M. Sidot, de manière à préparer des cristaux terminés aux deux extrémités. Il calcine au rouge blanc du sulfure de cadmium amorphe déposé au fond d'un creuset, et recouvert d'une épaisse couche d'alumine non tassée. Après refroidissement, on trouve au milieu de l'alumine des prismes hexagonaux portant à un bout les pyramides b^1 et $b^{1/2}$ et à l'autre la base p. M. Hau-

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
2. *Ann. Chem. Pharm.*, LXXXVII, p. 34. — *J. pr. Chem.*, t. LX, p. 249. — *Pharm. Centr.*, 1853, p. 922.
3. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 920.
4. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIX, p. 350. — *J. f. pr. Chem.*, t. XCIII, p. 97. — *Jahresb*, 1864, p. 142. — *Ch. Centr.*, 1864, p. 632.
5. *C. R.*, 1866, t. LXII, p. 994.
6. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 826.

tefeuille a pu mesurer les angles de ses cristaux et constater leur identité avec la greenockite.

Il y a lieu de citer ici un *séléniure de cadmium* CdSe préparé par M. Margottet[1]; cette combinaison se présente en prismes à extinctions longitudinales en lumière polarisée; il est très probable qu'elle est isomorphe avec les deux espèces précédentes: $D = 5,8$. Pour préparer cette substance, on fait d'abord du séléniure brut en calcinant du cadmium au rouge sombre dans un courant d'acide sélénhydrique mélangé à de l'hydrogène, puis on recuit le produit dans l'hydrogène pur, ce qui achève la cristallisation.

CHALCOSINE.

Cu^2S *Cu^2S.*

Gisement. — Ce minéral est ordinairement filonien; on le trouve encore imprégnant certaines roches sédimentaires.

Reproductions accidentelles. — M. Daubrée[2] a rencontré la chalcosine à l'état d'incrustation sur des objets de cuivre soumis à un long enfouissement, au voisinage de sources minérales comme à Plombières, à Bourbonne-les-Bains, etc. Les cristaux sont des tables hexagonales bordées d'un biseau, souvent maclées en croix comme celles de la nature.

M. de Gouvenain[3] a fait la même observation à la source thermale de Bourbon-l'Archambault.

On a également signalé la cristallisation du sulfure cuivreux rhombique dans les produits métallurgiques. Ainsi Scheerer[4] l'a trouvé dans la sole d'un four à réverbère de Freiberg, associé à de la galène; les cristaux possédaient une couleur d'un gris sombre avec éclat métallique, ils ont été l'objet d'une détermination cristallographique.

Méthodes de reproduction. — Durocher[5] a reproduit la chalcosine en lamelles hexagonales $p\ m\ g^1$ par réaction mutuelle au rouge du chlorure cuivreux en vapeurs et de l'acide sulfhydrique.

Becquerel[6] a appliqué au sulfure de cuivre la même méthode que pour la galène et l'argyrose; il l'a obtenu ainsi en prismes hexagonaux maclés.

Le procédé de Geitner ne donne point avec le cuivre de la chalcosine, mais autre sulfure en paillettes cristallines; c'est peut-être de la covelline CuS.

De Sénarmont[7] n'a obtenu également qu'un dépôt noir amorphe, par chauffage en vase clos à 200° d'un sel de cuivre, avec du bicarbonate de soude et du sulfure de potassium.

1. *C. R.*, 1877, t. XXXV, p. 1142 et *thèse*.
2. *C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 461.
3. *C. R.*, 1875. t. LXXX, p. 1297.
4. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 366.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
6. *C. R.*, 1851, t. XXXIII, p. 38.
7. *Ann. phys. chim.*, 1851, (3), t. XXXII, p. 129. — *C. R.*, t. XXXII, p. 409. — *Ann. Chem. Pharm.*, LXXX, p. 212.

COVELLINE.

CuS · *CuS.*

Le sulfure cuivrique a été trouvé en beaux cristaux hexagonaux à Plombières[1]; il formait des incrustations sur un robinet de fabrication romaine, trouvé lors des travaux de captage d'une source.

CINABRE.

HgS *HgS.*

Gisement. — Le cinabre est un minéral formé à la façon de ceux des filons, mais son gisement est particulièrement intéressant, en ce sens qu'il empâte fréquemment les éléments des roches sédimentaires ou métamorphiques. Il a en effet été amené au jour par voie de sublimation.

Méthodes de reproduction. — Nous renvoyons à l'article *Mercure*, dans le cours de cet ouvrage, pour les procédés de préparation du cinabre qui sont du domaine de l'industrie. Rappelons seulement que le sulfure brut (*éthiops minéral*) se transforme par distillation en belles masses fibreuses formées de petits prismes accolés. Une coupe mince perpendiculaire montrerait, en lumière convergente, les anneaux circulaires avec croix effacée au centre par la polarisation rotatoire.

On fait aussi par voie humide, en chauffant du sulfure de mercure brut avec un sulfure alcalin, du cinabre en cristaux excessivement petits, d'une belle couleur rouge (*vermillon*); l'agitation favorise beaucoup la transformation.

Durocher[2] a reproduit le cinabre en petits cristaux brun rouge par réaction au rouge de l'acide sulfhydrique sur le bichlorure de mercure (1851).

MM. Henri Sainte-Claire Deville et Debray[3] ont fait cristalliser le sulfure de mercure amorphe en le chauffant en vase clos à 100° avec de l'acide chlorhydrique; on recueille du cinabre en cristaux rhomboédriques (1876).

SULFURES ET ARSÉNIURES DIVERS

PYRRHOTINE.

Fe^7S^8 Fe^7S^8

Ce minéral, connu aussi sous le nom de *pyrite magnétique*, se trouve dans certains filons et aussi dans les météorites.

1. *Amtl. Ber. der* 33 *Vers. deut. Nat. forscher*, 1857, p. 100.
2. Expérience inédite.
3. Expérience inédite.

La combinaison directe du fer et du soufre donne un produit confusément cristallin, très usité dans les laboratoires; il peut aussi bien être rapporté à la troïlite FeS.

Hausmann[1] a trouvé de fins prismes hexagonaux de pyrrhotine associés à de la galène dans des résidus de l'usine de Lautenthal (Harz). Couleur variant du jaune pâle au brun-tombac, cassant, magnétique; composition : 60,4 de fer pour 39,6 de soufre.

LINNÉITE OU SIEGÉNITE.

$(Ni,Co)^3S^4$ $(Ni,Co)^3S^4$.

e sulfure de nickel Ni^3S^4 a été obtenu à l'état amorphe par de Sénarmont (voir *Millérite*).

Le même produit a été préparé sous forme de cristaux rhomboédriques, par Geitner[2], à l'aide de sa méthode habituelle (réaction en tube clos à 200° d'une solution d'acide sulfureux ou de sulfite de nickel sur du nickel.)

NICKELSPEISS.

Ni^3As Ni^3As^2.

On a décrit sous ce nom des produits cristallisés trouvés dans certaines usines à bleu de cobalt. G. Rose[3] a reconnu dans ces cristaux la combinaison $b\ ^1/_2$, p, b^1; ils sont ordinairement tabulaires suivant p.

SESQUISULFURES

ORPIMENT.

AsS^3 As^2S^3

L'orpiment se rencontre dans certains filons et dans les fumerolles volcaniques.

Celui du commerce présente parfois des indices de cristallinité, surtout quand la la sublimation a été très lente.

Il se rencontre encore parmi les produits accidentels des fourneaux industriels. Ainsi von Leonhard[4] en a trouvé des cristaux distincts dans une usine d'Andreasberg (Harz) où se traitaient des minerais d'argent.

Le sulfure d'arsenic amorphe cristallise par une digestion prolongée avec une solution de carbonate de soude.

1. *Beiträge zur Hüttenkunde*, p. 48.
2. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIX, p. 350. — *J. f. pr. Chem.*, t. XCIII, p. 99. — *Jahresber.*, 1864, p. 142. — *Ch. Centr.* 1864, p. 632.
3. *Uebersicht d. pyrogen. Min.*, p. 34.
4. Fuchs, *die künst. darg. Min.*, p. 53.

STIBINE.

SbS^3 ou Sb^2S^3 Sb^2S^3

Gisement. — C'est essentiellement un minéral de filons; il est presque toujours associé au quartz.

Reproductions accidentelles. — Von Leonhard [1] a signalé la stibine en magnifiques aiguilles striées, $m\ b\ ^1/_2$, clivables suivant g^1, accompagnant la galène dans les fours de fusion des usines du Harz supérieur.

Méthodes de reproduction. — D'ailleurs, le sulfure d'antimoine cristallise avec une étonnante facilité par fusion et refroidissement; c'est sous cette forme qu'il est livré au commerce. On a des masses cristallines où se rencontrent parfois, dans les cavités, des cristaux mesurables identiques à ceux de stibine. Les principales provenances sont Wolfsberg (Harz), Böhmsdorf (Voigtland) et la Hongrie.

Durocher [2] a reproduit la stibine en beaux échantillons par réaction de l'acide sulfhydrique au rouge sur de l'oxyde d'antimoine ou encore sur des vapeurs de chlorure du même métal.

M. Ad. Carnot [3] a observé que l'acide sulfhydrique passant au rouge sombre sur un composé stibié quelconque, donne naissance en quelques minutes à des cristaux de sulfure d'antimoine.

On peut encore employer la voie humide; ainsi Geitner [4] a mis en œuvre avec succès sa méthode (chauffage à 200° en vase clos d'une solution d'acide sulfureux avec l'antimoine métallique).

De Sénarmont [5] a fait voir que le sulfure amorphe cristallise confusément lorsqu'on le chauffe avec de l'eau pure en vase clos à 300°. Il a encore obtenu des prismes parfaitement distincts de stibine ($m\ b\ ^1/_2$) avec stries longitudinales, en chauffant à 250° du pentasulfure d'antimoine avec du bicarbonate de soude.

BISMUTHINE.

Bi^2S^3 Bi^2S^3

Ce minéral, beaucoup plus rare que le précédent, se présente dans des gisements analogues.

M. Mayençon [6] l'a signalé dans les houillères embrasées de Montrembert et de Chevassieux.

Il s'obtient facilement sous forme de masse cristalline par fusion des éléments, et même en cristaux distincts, si l'on a soin d'opérer comme pour la cristallisation

1. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 340.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
3. Expérience inédite.
4. *J. Pharm.*, t. XVI, p. II. — *Pharm. Centr.*, 1848, p. 71. — *Jahresb.*, 1848, p. 276.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de ph. et ch.*, t. XXXII, p. 129.
6. *C. R.*, 1881, t. XCII, p. 854.

du soufre ou du bismuth. Les échantillons ainsi préparés renferment ordinairement des inclusions de bismuth métallique, aussi leur composition avait-elle été méconnue jusqu'aux travaux de Schneider[1] sur cette matière. Ce savant a réussi, par addition de soufre en fusion à la plus basse température possible, à préparer de beaux cristaux renfermant seulement 83,62 pour 100 de bismuth au lieu de 81,5 que renferme la bismuthine naturelle.

La méthode de Durocher[2] est applicable à la cristallisation du sulfure de bismuth; on fait réagir au rouge l'acide sulfhydrique sur le chlorure de bismuth.

M. Ad. Carnot[3] a observé de même la cristallisation très rapide du sulfure de bismuth en faisant passer au rouge sombre un courant d'acide sulfhydrique sur un produit quelconque à base de bismuth.

Enfin, la méthode de de Sénarmont[4] fournit de beaux échantillons. On chauffe à 200° en vase clos du sulfure de bismuth amorphe avec du bicarbonate de soude ou encore du sulfure de potassium. On recueille de jolies aiguilles, très brillantes, de composition Bi^2S^3.

Toutes ces méthodes fournissent des cristaux compris sous les faces m p h^1 g^1 (b $^1/_2$ sur les cristaux obtenus par de Sénarmont). Les prismes sont fortement striés longitudinalement. Clivage g^1.

BISULFURES, ETC.

RÉALGAR.

AsS^2 As^2S^2.

C'est un minéral des filons concrétionnés ou des fumerolles volcaniques.

Les diverses variétés de sulfure d'arsenic AsS^2 naturel ou artificiel donnent toujours par fusion et refroidissement, ou encore par sublimation, une masse plus ou moins cristalline; on peut même recueillir des cristaux mesurables en opérant avec précaution.

Le réalgar se présente fréquemment à l'état de cristallisation accidentelle dans les usines où se traitent des minerais arsenicaux, il se rencontre alors en cristaux sublimés avec acide arsénieux.

Les provenances les plus remarquables sont l'usine Frédéric à Riechelsdorf, Ocker[5] (Harz), l'usine de Mulden. Les mêmes produits prennent naissance dans les houillères embrasées, comme les mines de lignite de Baden près Eger[6].

Les plus beaux cristaux de réalgar ont été préparés par de Sénarmont[7]; ce

1. *Pogg. Ann.*, t. XCI, p. 404. — *J. pr. Chem.*, t. LXII, p. 87.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
3. Expérience inédite.
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. chim. phys.* (3), t. XXXII, p. 129. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 212.
5. *Berg. und Hüttenmann-Zeitung*, 1854, p. 98.
6. *Jahrb. d. K.K. geol. Reichsanstalt*, t. XV, p. 250. — *Jahrb. f. Min.*, 1866, p. 227.
7. *Ann. chim. phys.*, t. XXXII, p. 129. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 212. — *C. R.*, t. XXXII, p. 409. — *L'Inst.*, 1851, p. 97.

savant chauffait à 150°, dans un tube scellé, du réalgar ou de l'orpiment ordinaires avec une solution de bicarbonate de soude.

Dans les deux cas, il y a dissolution complète et, après refroidissement, on recueille des cristaux de réalgar sur les parois du tube. Ils atteignent 0mm,25, sont transparents et possèdent toutes les propriétés du réalgar naturel; D = 3,5. Ce sont des prismes clinorhombiques $m\ p\ g^1$ avec de petites facettes h^x et g^x. Clivage comme dans les cristaux naturels; composition AsS^2.

HAUÉRITE.

MnS^2 — MnS^3

Nous n'avons à enregistrer au sujet de ce sulfure, isomorphe avec la pyrite, qu'un essai négatif de de Sénarmont[1]. Ce savant n'a obtenu le bisulfure de manganèse que sous forme de poudre ou d'enduit rouge amorphe par réaction à 160° en vase clos du sulfate de manganèse sur le polysulfure de potassium.

PYRITE.

FeS^2 — FeS^2

Gisement. — Ce corps se trouve fréquemment dans les filons concrétionnés; il se rencontre encore disséminé en petits grains dans beaucoup de roches éruptives ou cristallophylliennes; il est enfin très répandu dans les roches sédimentaires des différents âges.

Reproductions accidentelles. — Ulrich[2] l'a signalé en cristaux microscopiques, dans la sole d'un ancien four de grillage de l'usine Maria-Saiger à Ocker (Harz).

D'après Löwe[3], il se fait des cristaux cubiques ou octaédriques de pyrite, lorsque l'on distille industriellement du sel ammoniac renfermant un peu de sulfate, dans des cornues de fer lutées à l'argile.

Mais c'est surtout la voie humide qui donne naissance à des cristallisations accidentelles de pyrite; on les a signalées dans un grand nombre de cas où des eaux plus ou moins chargées de sulfate de fer subissent à la longue l'influence réductrice de matières organiques; tantôt l'action a lieu à froid, tantôt à chaud. C'est particulièrement dans les dépôts des sources thermales que ces productions ont été rencontrées, par exemple à Bourbonne-les-Bains (M. Daubrée[4]); à Hammam-Meskoutine (pisolithes de pyrite entourant un noyau calcaire); à Roisdorf et à Röndorf (Nöggerath[5]); près de Brohl (Bischof[6]); à Chaudesaigues[7], à Aix-la-Chapelle, à

1. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, t. XXXII, p. 129.
2. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 359.
3. *J. pr. Chem.*, t. VI, p. 98.
4. *C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 604.
5. *Pogg. Ann.*, 1836, t. XXXVIII, p. 407.
6. *Lehrb. d. Chem. Geol.*, t. I, p. 557.
7. *Ann. chim. phys.*, t. XXXII, p. 294.

Bourbon-Lancy (M. François), à Bourbon-l'Archambault (M. de Gouvenain[1]); à Saint-Nectaire (Lecoq[2]).

Bunsen a signalé aussi la formation contemporaine de la pyrite en Islande, dans des localités où des dégagements d'acide sulfhydrique attaquaient lentement des laves ferrugineuses.

Méthodes de reproduction. — Wöhler[3] a reproduit la pyrite en beaux cubes ou octaèdres en calcinant un mélange d'oxyde de fer, de soufre et de sel ammoniac, à une température un peu inférieure à celle de la volatilisation de ce dernier sel. On retire la pyrite du résidu pulvérulent par lessivage et lévigation.

Durocher[4], par réaction mutuelle au rouge du perchlorure de fer en vapeurs et de l'acide sulfhydrique a donné naissance à du bisulfure de fer en petits cubes.

M. Rammelsberg[5] a réalisé des pseudomorphoses de pyrite d'après la magnétite ou l'oligiste, en chauffant des cristaux de ces dernières substances dans un courant d'acide sulfhydrique, à des températures comprises entre 100° et le rouge sombre.

H. Sainte-Claire Deville[6] a réalisé la reproduction de la pyrite par fusion d'un mélange de protosulfure de fer, de sulfure de potassium et d'un excès de soufre; on recueille de jolis cristaux cubiques.

M. Schlagdenhauffen[6] a vu se former des cristaux de pyrite par réaction au rouge des vapeurs de sulfure de carbone sur le sesquioxyde de fer.

On peut encore mettre en œuvre les méthodes par voie humide; ainsi de Sénarmont[7] a obtenu de la pyrite nettement cristalline en chauffant en vase clos du sulfure de fer dans une dissolution saturée d'acide sulfhydrique, et laissant lentement refroidir. Par contre, on obtient une poudre noire et un enduit à éclat métallique, par réaction en vase clos du sulfate de fer sur le polysulfure de potassium.

La méthode de Geitner[8] réussit très bien en ce qui concerne la pyrite : celle-ci s'obtient en croûtes cristallines, lorsque l'on chauffe en vase clos à 200° une solution d'acide sulfureux avec du fer. Les cristaux sont plus beaux encore si l'on remplace le métal par de l'oxyde, ou même par du basalte pulvérisé, qui agit par la magnétite qu'il renferme.

Il y a lieu de remarquer qu'on n'a jamais reproduit artificiellement la *pyrite blanche* ou *marcassite* FeS^2, espèce dimorphe de celle qui nous occupe.

MISPICKEL.

$FeAs,FeS^2$ — $FeAs^2,FeS^2$ *ou* $FeAsS$

Ce corps appartient fréquemment aux filons concrétionnés; mais son gisement le

1. *C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 1267.
2. *Eaux minérales*, p. 276.
3. *Pogg. Ann.*, 1836, t. XXXVII, p. 238. — *Ann. Chem. Pharm.*, 1836, t. XVII, p. 260
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
5. *Berl. Acad. Ber.*, 1862, p. 681. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXVIII, p. 266. — *Chem. Centr.*, 1863, p. 211.
6. Wurtz, *Dict. de chim. pure et appliquée*, article *Fer*.
7. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409.
8. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIX, p. 350. — *J. f. pr. Chem.*, 1864, t. XCIII, p. 97.

plus remarquable est celui des filons d'étain; on trouve même parfois du mispickel dans la granulite qui a amené la formation de ces filons.

De Sénarmont [1] a seul réalisé la reproduction du mispickel; il chauffait en vase clos, vers 250°, un mélange de sulfate de fer, de sulfarsénite de soude et de bicarbonate de soude, ou encore d'arséniure de fer précipité à froid avec du sulfure de sodium et du bicarbonate de soude. Il se forme une poudre d'un gris de fer, inattaquable aux acides, et dans celle-ci quelques cristaux bien formés ayant la couleur grise, l'éclat métallique et la forme $m\ a^1\ e^1$ du mispickel naturel.

SMALTINE.

CoAs $CoAs^2$

C'est un minéral de filons; il a été reproduit en petits cubes par Durocher [2], qui faisait réagir au rouge le chlorure d'arsenic en vapeurs sur le chlorure de cobalt.

LAURITE.

RuS^2 RuS^2

Ce minéral se rencontre dans les sables platinifères. Il s'obtient cristallisé en octaèdres réguliers ou cubes par la méthode de MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray [3], qui fondaient au rouge vif une partie de ruthénium, dix parties de sulfure de fer et une de borax. La laurite cristallise au sein du sulfure de fer et s'isole par une attaque à l'acide chlorhydrique.

SULFURES DOUBLES

CHALCOPYRITE.

Cu^2S,Fe^2S^3 $CuFeS^2$

La chalcopyrite est un minéral de filons concrétionnés. Elle a été fréquemment signalée dans les produits accidentels des opérations métallurgiques. Ainsi Hausmann [4] l'a rencontrée dans des minerais cuivreux imparfaitement grillés provenant des usines de Goslar et de Ocker. C'étaient des octaèdres dépassant 5 millimètres, maclés et striés de manière à faire pressentir l'antihémiédrie; ils étaient d'un beau noir et un peu altérés à la surface.

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de phys. et ch.*, t. XXXII (3), p. 129.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 185.
4. *Gött. gelehrt, Nachr.*, 1852, n° 2, p. 177. — *L'Inst.*, 1853, p. 17.

Plattner[1] a signalé des cristaux semblables dans une fente de la sole d'un four à réverbère de l'usine de Mulden près Freiberg. Ces derniers renfermaient, d'après l'analyse, un léger excès de fer et de petites quantités de métaux étrangers.

M. Gonnard[2] a trouvé une druse de chalcopyrite avec galène au fond d'un creuset employé dans une cristallerie de Lyon.

La chalcopyrite peut encore prendre naissance par voie humide à l'état accidentel. Ainsi M. Daubrée[3] en a signalé la présence près des sources de Bourbonne-les-Bains, à la surface d'objets métalliques longtemps enfouis dans le sol.

Enfin de Sénarmont[4] a tenté la reproduction de la chalcopyrite par chauffage en vase clos à 250° de chlorures de fer et de cuivre avec un peu de polysulfure de sodium et un excès de bicarbonate de soude; il n'a recueilli ainsi qu'un précipité noir et un enduit jaune à éclat métallique possédant la composition Cu^2S,Fe^2S^3, mais non cristallin.

CUIVRE PANACHÉ.

$3Cu^2S,Fe^2S^3$. *Cu^3FeS^3*.

C'est un minéral de filons : Böcking[5] l'a obtenu à l'état compact par fusion de 36 grammes de cuivre et 10 grammes de fer, avec un excès de soufre sous une couche de chlorure de sodium; on obtient ainsi une masse cassante, à texture cristalline, prenant rapidement à l'air humide les irisations caractéristiques du cuivre panaché.

De même M. F. de Marigny[6] l'a obtenu par fusion d'un mélange de 45 parties de tournure de cuivre, 20 de pyrite et 20 de soufre sous une couche de borax; des cristaux déterminables ont pris ainsi naissance.

ZINKÉNITE.

PbS,SbS^3. *$PbSb^2S^4$*.

Ce minéral s'obtient, d'après Fournet[7], sous forme de masse gris de plomb, à cassure cristalline à grandes lamelles, par fusion d'un mélange à proportions convenables de galène et de stibine : $D = 5,3$ à $5,35$.

WITTICHÉNITE.

$3Cu^2S,BiS^3$. *Cu^3BiS^3*.

M. Schneider[8] est arrivé à reproduire ce sulfosel de la manière suivante. En lais-

1. Fuchs, *die künst. darg. Min.*, p. 62.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, p. 186.
3. *C. R.*, t. LXXX, p. 461.
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXXII, p. 129.
5. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 365.
6. *C. R.*, 1864, t. LVIII, p. 967. — *Jahrb. f. Min.*, 1864, p. 830.
7. *J. f. pr. Chem.*, 1834, t. II, p. 490.
8. *Pogg. Ann.*, 1866, t. CXXVII, p. 316.

sant digérer une solution chaude de chlorure cuivrique avec du bismuth pulvérisé, on obtient le chlorure double : $3Cu^2Cl, BiCl^3$. Une solution bouillante de ce dernier, additionnée d'acide tartrique et traitée par l'acide sulfhydrique, donne un précipité brun foncé ayant la composition de la witticbénite ou *Kupferwismuthglanz* $3Cu^2S,BiS^3$. Cette matière peut être fondue au rouge et donne par refroidissement une masse cristalline, métallique, gris d'acier, ressemblant tout à fait au minéral naturel : D = 5,9.

PROUSTITE.

$3AgS,AsS^3$. Ag^3AsS^3

C'est un minéral exclusivement filonien. Durocher[1] l'a préparé artificiellement par réaction simultanée du chlorure d'arsenic et de l'acide sulfhydrique sur du chlorure d'argent chauffé au rouge.

De Sénarmont[2] a appliqué la voie humide à la reproduction de l'argent rouge arsenical. Il chauffait en vase clos à 300° un sel d'argent avec du sulfarsénite de soude et un excès de bicarbonate de la même base; ou bien encore ce dernier réactif avec du sulfarsénite d'argent précipité à froid. On voit se former un précipité sableux, rougeâtre, à grains très brillants, qui par lévigation donne de beaux scalénoèdres d^2 d'argent rouge avec stries parallèles aux arêtes latérales en zigzag.

M. Margottet[3], après avoir fondu de l'orpiment avec un excès de soufre, ajoute à la masse du sulfure d'argent et chauffe le tout à 440°, dans un tube scellé où le vide a été préalablement fait. On termine l'opération en ouvrant le tube et chassant par distillation le soufre et le sulfure d'arsenic. Le résidu est formé de cristaux d'argent rouge formant des géodes; ces échantillons sont d'une belle couleur rouge rubis et parfaitement mesurables. Le sulfure d'arsenic en excès peut remplacer le soufre comme fondant dans cette préparation.

ARGYRYTHROSE.

$3AgS,SbS^3$. Ag^3SbS^3.

Ce minéral appartient aux gisements filoniens comme le précédent, avec lequel il est parfaitement isomorphe.

Fournet[4], le premier, l'a reproduit par fusion des éléments, sous forme de masse cassante très cristalline, à poussière rouge, possédant toutes les propriétés et la composition de l'argent rouge antimonial.

Durocher[5] a préparé de petits cristaux d'argent rouge par réaction de l'acide sulfhydrique sur un mélange de chlorure d'argent et d'antimoine chauffé au rouge.

La reproduction de l'argyrythrose réussit par la méthode de de Sénarmont[6], dans

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de ph. et ch.*, t. XXXII, p. 129.
3. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142 et *thèse*.
4. *Ann. des Mines*, 1883, t. IV, p. 3. — *J. f. pr. Chem.*, 1834, t. II, p. 264.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
6. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de phys. et ch.*, t. XXXII, p. 129.

des circonstances identiques à celles qui lui avaient donné la proustite, sauf remplacement de l'arsenic par de l'antimoine. Les cristaux sont formés des combinaisons pb^1 ou d^2b^1.

M. Margottet[1] a également opéré absolument comme pour la proustite. Il prépare d'abord par fusion un sulfure double d'argent et d'antimoine avec grand excès de soufre; puis la masse est recuite à 440° dans un tube scellé où le vide a été fait; après plusieurs alternatives de chauffe et de refroidissement, on ouvre le tube, on distille le soufre en excès et l'on recueille un culot d'argent rouge avec géodes remplies de prismes hexagonaux.

PANABASE.

$4RS,[Sb,As]S^3$ $R^4[Sb,As]^2S^7$.

La panabase ou *cuivre gris* est un minéral propre aux filons concrétionnés. Sa composition est très complexe, car les sulfobases qui y figurent peuvent être des sulfures de cuivre, argent, fer, zinc, mercure.

Durocher[2] a cependant reproduit cette espèce, où entrent tant d'éléments divers, par réaction simultanée, au rouge, de l'acide sulfhydrique et des chlorures d'arsenic ou d'antimoine sur les chlorures de cuivre, argent, fer, etc. Suivant les proportions relatives de ces chlorures, il obtenait diverses variétés; de même, en employant l'arsenic ou l'antimoine, il préparait soit de la panabase arsenicale claire (*tennantite*), soit de la panabase antimoniale foncée. On recueille des tétraèdres gris d'acier ou noir de fer; clivables suivant les faces de l'octaèdre; D = 4,5 à 5,2.

M. Daubrée[3] a observé la formation accidentelle de panabase antimoniale en tétraèdres $\frac{1}{2}\ a^1$, modifiés par un biseau $\frac{1}{2}\ a^2$. Ils s'étaient formés sur des objets de bronze trouvés dans les constructions romaines des sources de Plombières.

1. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1142 et *thèse*.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 825.
3. *Géologie expérimentale*, p. 79.

OXYSULFURES

VOLTZINE.

$4ZnS,ZnO.$ $Zn^5S^4O.$

Des échantillons accidentels de ce minéral en beaux cristaux ont été signalés par Kersten[1] dans un fourneau de l'usine de Laposbânya, près Kapnik (Hongrie).

1. *Pogg. Ann.*, 1845, t. LXIV, p. 494.

OXYDES

PROTOXYDES CUBIQUES

PÉRICLASE.

MgO. MgO.

La périclase est un minéral des fumerolles volcaniques.

Ebelmen[1] l'a reproduite le premier en cristaux vitreux transparents, offrant la forme a^1p avec clivage cubique parfait : D = 3,636. Il fondait au rouge blanc, dans un four à porcelaine, un mélange de chaux et de borate de magnésie.

M. Daubrée[2] a fait réagir au rouge la chaux sur le chlorure de magnésium et obtenu des cristaux de périclase.

M. Dumas[3] a constaté que le chlorure de magnésium pur subit toujours, quand on le fond, une décomposition partielle due aux gaz du foyer. La magnésie produite cristallise alors dans le chlorure restant, sous forme de lamelles.

M. Debray[4] a imaginé un procédé général de préparation des oxydes cristallisés fondé sur la décomposition à haute température des sulfates métalliques en présence d'un sulfate alcalin. Ainsi la fusion du sulfate potassico-magnésien lui a fourni de la périclase.

H. Sainte-Claire Deville[5] a obtenu des octaèdres réguliers de périclase, incolores ou teintés de vert, en faisant réagir au rouge vif un courant de gaz acide chlorhydrique sur la magnésie calcinée. Réciproquement il est arrivé au même résultat en décomposant à haute température le chlorure de magnésium par la vapeur d'eau.

MM. Ferrières et Dupont ont repris cette dernière expérience dans le laboratoire de M. Fremy en 1881, et obtenu de très beaux échantillons de périclase en octaèdres ou cubo-octaèdres. Ils opéraient la réaction dans un creuset de porcelaine au centre duquel une petite capsule de porcelaine se trouvait suspendue sur des

1. *C. R.*, 1851, t. XXXIII, p. 525. — *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXXIII, p. 34.
2. *C. R.*, 1854, t. XXXIX, p. 135.
3. *Ann. de phys., et de chim.* 1859 (3), t. LV, p. 189.
4. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985.
5. *C. R.*, t. LIII, p. 199.

tessons de la même substance. C'est sur ces surfaces que se dépose l'oxyde cristallin.

MANGANOSITE.

MnO *MnO.*

H. Sainte-Claire Deville[1] a fait cristalliser le protoxyde de manganèse en cubo-octaèdres verts par recuit au rouge de l'oxyde Mn^3O^4 dans un courant d'acide chlorhydrique additionné d'hydrogène.

BUNSÉNITE.

NiO. *NiO.*

La bunsénite est un minéral filonien rare; Genth[2] l'a signalée dans un échantillon de cuivre noir en octaèdres bruns de densité 5,745; elle est isomorphe avec la périclase et se prépare par les mêmes méthodes.

Ainsi Ebelmen[3] l'a obtenue en cubo-octaèdres verts, par fusion prolongée de l'oxyde amorphe dans le borax : $D = 6{,}8$.

Regnault[4] a vu se former des cristaux de bunsénite en faisant passer un courant de vapeur d'eau sur du nickel chauffé au rouge.

M. H. Debray[5] a fait cristalliser l'oxyde de nickel par calcination du sulfate double de nickel et de potasse.

MM. Ferrières et Dupont ont obtenu de beaux octaèdres ou cubes de bunsénite, d'un vert pistache foncé, transparents, dans le laboratoire de M. Fremy en 1881. Ils opéraient comme pour la périclase en décomposant au rouge le chlorure de nickel par la vapeur d'eau.

M. H. Grandeau[6] a obtenu la bunsénite associée à du phosphate double de nickel et de potasse cristallisé, par fusion dans un creuset de platine, d'un mélange de phosphate de nickel et de sulfate de potasse.

PROTOXYDES ARTIFICIELS ANALOGUES AUX PRÉCÉDENTS

Divers protoxydes artificiels cristallisent comme les précédents dans le système cubique ; nous allons en dire quelques mots :

Chaux CaO. — Bruegelmann[7] a obtenu cette substance sous forme de cubes

1. *C. R.* 1862, t. LIII, p. 199. — *Jahrb. f. Min.*, 1862, p. 80.
2. *Ann. Chem. Pharm.*, 1845, t. III, p. 139.
3. *C. R.*, 1851, t. XXXIII, p. 525.
4. *Ann. de chim. et de phys.* (2), t. LII, p. 352.
5. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985.
6. *C. R.*, 1882, t. XCV, p. 921.
7. *Pogg. Ann.* (2), t. II, p. 466, et t. IV, p. 277.

transparents, clivage p : D=3,254, par calcination ménagée du nitrate de chaux dans des ballons de porcelaine.

MM. Stan. Meunier et Levallois[1] ont observé le même corps accidentellement cristallisé en cubes avec très-petites facettes a^1 dans des blocs de calcaire provenant du revêtement d'un four à chaux de Champigny (Seine); D=3,32.

Oxydes de cérium et de didyme CeO et DiO. — Ils se préparent à l'état cristallisé par la méthode de M. Grandeau[2].

Protoxyde de fer FeO. — D'après M. G. Tissandier[3], on obtient ce composé en petits cristaux noirs, brillants, magnétiques, en réduisant l'acide carbonique au rouge par le fer.

Protoxyde de cobalt CoO. — Il est probable que ce composé s'obtiendrait sous forme cristalline par les diverses méthodes qui réussissent avec l'oxyde de nickel.

Le procédé de MM. Dupont et Ferrières a fourni de beaux octaèdres réguliers tabulaires, d'un rouge très foncé.

La méthode de M. Grandeau est également applicable.

Oxyde de cadmium CdO. — Werther[4] a trouvé ce produit accidentellement cristallisé sous les formes a^1 b^1 a^2 p dans les cadmies d'un four à zinc.

M. Sidot[5] a obtenu l'oxyde de cadmium en cristaux d'apparence cubique par calcination à haute température du même corps pris à l'état amorphe dans un courant d'oxygène.

Protoxyde d'étain SnO. — M. Fremy[6] a préparé ce composé sous sa modification noire, par ébullition de son hydrate avec des solutions alcalines (potasse, soude, chaux), ou encore par évaporation dans le vide d'une solution potassique d'oxyde stanneux. Ce sont des cubes durs et brillants : D=6,04—6,17.

L. Varenne[7], en précipitant le chlorure stanneux par le cyanure de potassium, a obtenu une matière amorphe qui se transforme spontanément au bout de quelques jours en oxyde stanneux noir-bleuâtre, cristallisé en cubes ou octaèdres microscopiques.

1. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 1566.
2. *L. C.*
3. *C. R.*, 1872, t. LXXIV, p. 531.
4. *J. f. pr. Chem.*, t. LV, p. 118.
5. *C. R.*, 1874, t. LXXIX, p. 201.
6. *Ann. de chim. et de phys.* (3), t. XII, p. 460.
7. *C. R.*, 1879, t. LXXXIX, p. 361.

CUPRITE.

Cu^2O. *Cu^2O.*

Gisements. — La cuprite est un minéral de filons qui paraît résulter de l'oxydation d'autres minerais de cuivre.

Reproductions accidentelles. — Le cuivre oxydulé a été fréquemment signalé[1] dans les produits des opérations métallurgiques. Il se présente alors en cubes, parfois en octaèdres, à clivage octaédrique; les dimensions atteignent jusqu'à 1 centimètre. La couleur est rouge cochenille, l'éclat adamantin, la densité 5,7 à 6. Les faces sont généralement trémiées; parfois la cuprite artificielle forme des lamelles délicates. Les principales provenances sont les usines de Mulden, d'Antonshütte[2] (Saxe), d'Ocker, du Mansfeld.

La cuprite a été trouvée également par C. von Leonhard[3] à la surface d'objets de cuivre fondus par le grand incendie de Hambourg. La cuprite a été aussi fréquemment signalée comme provenant de l'oxydation lente du cuivre sous l'influence de l'air ou de l'eau. En voici quelques exemples :

Vase romain trouvé à Wichelshof près Bonn; le cuivre qui le formait était recouvert extérieurement et intérieurement d'une patine verte d'hydrocarbonate, sous laquelle se voyait une couche formée de petits cristaux de cuprite (Nöggerath)[4].

Morceau de cuivre provenant d'une construction romaine (Musée d'antiquités de M. Quednow à Trèves); il avait subi la même altération que le précédent, mais les cristaux étaient plus beaux encore (Nöggerath).

Statue romaine trouvée dans la Saône en 1766 (Sage)[5].

Pied de cheval en bronze, exhumé à Lyon en 1771, dans la cavité duquel se trouvaient des cristaux de cuprite; à l'extérieur se remarquait une croûte de malachite et d'azurite (Demeste)[6].

Objets de bronze incrustés de cuprite en octaèdres trouvés dans les substructions romaines des thermes de Bourbonne-les-Bains (M. Daubrée)[7].

Médailles romaines recouvertes de cuprite observées par M. Daubrée[8], et trouvées au fond d'un étang à Flines-les-Roches (Nord).

Cubes de 1^{mm}, souvent maclés, trouvés en Algérie sur des monnaies romaines avec céruse cristallisée, azurite et malachite (M. Alf. Lacroix[9]).

Méthodes de reproduction. — Le cuivre oxydulé cristallisé s'obtient assez facilement dans les laboratoires par diverses méthodes.

1. *Beiträge zur Hüttenkunde*, p. 17.
2. Kersten, *J. pr. Chem.*, t. XIX, p. 118. — *Jahrb. f. Min.*, 1841, p. 116.
3. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 365.
4. *Schweigg. Jahrb. Chem. Pharm.*, t. XLIII, p. 129.
5. *Rozier's Observ. phys.*, 1779.
6. Buffon, *Histoire naturelle des Minéraux*, t. III, p. 56.
7. *Géologie expérimentale*, p. 75.
8. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 572.
9. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 175.

Ainsi la calcination du cuivre à l'air donne, comme on sait, une couche rose de protoxyde sous une couche noire de bioxyde; en opérant au chalumeau sur l'extrémité d'un fil de cuivre, portant d'abord le métal au rouge blanc, puis recuisant quelques minutes au rouge, on obtient un peu de protoxyde en petits cristaux rouges.

On prépare encore, d'après Malaguti[1], le protoxyde de cuivre en masse cristalline par fusion dans un creuset bien clos de 24 parties de sulfate de cuivre anhydre avec 29 parties de limaille de cuivre. On peut substituer au mélange précédent celui de 100 parties de $CuO,SO^3 + 5HO$ avec 57 parties de $NaO,CO^2 + 10HO$; on évapore à sec et le résidu pulvérisé est fondu une demi-heure au rouge blanc avec 35 parties de limaille de cuivre.

Nous avons observé nous-même que le bioxyde de cuivre projeté dans le chlorure de calcium fondu donne naissance à un vif dégagement d'oxygène en même temps qu'à des octaèdres microscopiques de protoxyde, groupés en dendrites à la façon du sel ammoniac, d'un rouge orangé par transparence.

La voie humide permet aussi d'obtenir la cuprite.

Ainsi la réduction bien connue des sels de cuivre par la glucose en présence des alcalis donne lieu à un précipité rouge brique de protoxyde, lequel est d'autant plus cristallin que la réduction s'est faite plus lentement.

On peut préparer de beaux cristaux cubiques[2] rouges d'oxyde cuivreux par lente réaction électro-chimique. On plonge une baguette de cuivre de telle sorte qu'elle soit baignée dans une solution concentrée de nitrate de cuivre à sa partie inférieure et par de l'eau pure à sa partie supérieure. Le dépôt se fait sur la baguette; d'après Wöhler, le sulfate de cuivre réussit moins bien que le nitrate dans cette préparation et le chlorure ne peut être employé.

Becquerel[3] a également obtenu la cuprite sous forme de beaux octaèdres, en chauffant à 150°, dans un tube vertical scellé, une baguette de cuivre avec une solution de nitrate de cuivre et un peu de bioxyde du même métal,

M. Riban[4], dans un travail d'ensemble sur la décomposition des sels organiques par la chaleur, a reconnu qu'une solution de formiate ou d'acétate de cuivre, chauffée en tube clos à 175°, abandonne, entre autres produits, de beaux cristaux cubiques et octaédriques, souvent tabulaires ou allongés suivant un axe quaternaire, de cuivre oxydulé.

1. *Ann. de chim. et de phys.*, t. LIV, p. 216.
2. *Sillim. Am. J.*, t. XXX, p. 253. — *J. pr. Chem.*, 1861, t. LXXXIV, p. 63.
3. *C. R.*, 1857, t. XLIV, p. 398. — *L'Inst.*, 1857, p. 159. — *Chem. Centr.*, 1857, p. 586.
4. *C. R.*, 1882, t. XCIII, p. 1080 et 1140. — *Bull. Soc. Chim.*, t. XXXVIII, p. 108 et 159.

PROTOXYDES NON CUBIQUES

GLACE.

HO H^2O

Voir l'article *Eau*, t. II. Les formes cristallines de la glace ont été spécialement étudiées par Nordenskjöld[1] et par Bravais.

ZINCITE.

ZnO *ZnO*.

Gisement. — La zincite appartient essentiellement à des gîtes métamorphiques, où elle est associée à d'autres minéraux zinciques, comme la franklinite, la willémite et aussi à l'oligiste.

Reproductions accidentelles. — L'oxyde de zinc cristallisé s'est trouvé assez souvent en beaux cristaux dans diverses parties des fourneaux où se traitent des produits renfermant du zinc, dans les fonderies de laiton ; tantôt il apparaît dans les fentes des soles des fours, tantôt il se montre sublimé à la partie supérieure des appareils : ainsi Laurent et Holmes le signalent dans les crevasses des moufles des fours silésiens.

Les provenances principales sont Filisur (Grisons), les hauts-fourneaux de Königshütte et Rothehütte (Harz), l'usine de Lautenthal (Hausmann)[2].

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée[3] a obtenu le premier des cristaux d'oxyde zincique en faisant passer un courant de chlorure de zinc en vapeurs sur de la chaux chauffée au rouge.

Becquerel[4] a préparé des aiguilles d'oxyde de zinc, d'un jaune sale, en fondant au creuset d'argent le même oxyde, à l'état amorphe, dans l'hydrate de potasse.

Regnault[5] a obtenu des échantillons translucides de zincite identiques à ceux des fourneaux en décomposant au rouge la vapeur d'eau par le zinc. Suivant la température plus ou moins élevée, les cristaux incrustent le métal ou bien se subliment sur les parois du tube.

On obtient encore, d'après M. Sidot[6], des cristaux de zincite par recuit de l'oxyde amorphe dans un courant d'oxygène.

1. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 616.
2. *Abh. d. K. Ges. Wiss. Gött.*, t. IV, p. 234.
3. *C. R.*, 1849, t. XXIX, p. 135 et 227. — *Bull. Soc. Géol.*, t. VII, p. 267.
4. *Ann. de chim. et phys.*, 1857, t. LI, p. 105.
5. *Ann. de chim. et phys.*, 1861, t. LXII, p. 350.
6. *C. R.*, 1874, t. LXXIX, p. 201.

MM. Ferrières et Dupont, dans le laboratoire de M. Fremy, ont fait réagir mutuellement les vapeurs d'eau et de chlorure de zinc dans un creuset chauffé au rouge vif. De beaux cristaux hexagonaux jaune verdâtre de zincite ont pris naissance; ils étaient limités par la base et par une pyramide.

Il est à remarquer que la zincite naturelle n'offre pas de forme cristalline déterminable, en sorte que la synthèse seule permet de bien connaître le système cristallin auquel se rapporte l'oxyde de zinc. Les échantillons artificiels offrent la combinaison $m\ p$ le plus souvent ; parfois on remarque encore les faces b^1, $b^5/_2$, $b^3/_2$, b^4, h^1 et $(b\,^1/_2\,b\,^1/_4\,h\,^1/_{13})$. Clivage p. (MM. Vom Rath[1] et Des Cloizeaux.)

Les cristaux de Stadbergen ont présenté l'hémiédrie rhomboédrique. La zincite artificielle est incolore, jaunâtre ou verdâtre ; D = 5,4 à 5,5.

GLUCINE

GlO *GlO*

Quoique ce composé n'existe pas dans la nature, nous en dirons cependant quelques mots, parce qu'il s'obtient cristallisé par des méthodes analogues à celles qui fournissent les autres oxydes. La glucine ne paraît malheureusement isomorphe avec aucun autre oxyde.

Ebelmen[2] a obtenu de la glucine cristallisée en prismes hexagonaux bipyramidés $mb\ ^1/_2$ par évaporation dans un four à porcelaine d'une certaine quantité d'acide borique saturé de glucine amorphe.

M. Debray[3] a préparé de la glucine cristallisée par fusion du sulfate de glucine avec du sulfate de potasse ou de soude.

D'après le même auteur, il se fait une poudre cristalline de glucine, quand on calcine du carbonate ammoniaco-glucique. On peut encore appliquer la méthode de H. Sainte-Claire Deville et Caron.

M. H. Grandeau[4] met à profit la fusion du phosphate de glucine avec du sulfate de potasse, et se procure ainsi des échantillons cristallisés de glucine.

Nordenskjöld[5] a fait cristalliser l'*oxyde de lanthane* LaO, par fusion de l'oxyde amorphe avec le borax ; ce sont des prismes orthorhombiques pseudo-hexagonaux $mg^1\,b\,^1/_2\,e\,^1/_2$; D = 5,286.

MASSICOT.

PbO *PbO*

Le massicot ou *litharge* est assez rare dans la nature, où il ne se présente que comme un produit secondaire résultant d'oxydations.

1. *Pogg. Ann.*, 1874, t. LXXIX, p. 201.
2. *C. R.*, 1850, t. XXX, p. 525. — *Ann. chim.*, *phys.*, t. XXXII, p. 211, et t. XXXIII, p. 34.— *J. pr. Chem.*, t. XLIII, p. 472, t. LIV, p. 143, et t. LV, p. 342.
3. *Ann. chim. phys.*, 3e série, t. VII, p. 155.
4. *C. R.*, 1882, t. XCV, p. 921.
5. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 612.

La litharge du commerce offre toujours un aspect cristallin, mais les éléments qui la composent sont à peine distincts. Il n'est pas rare d'apercevoir des tables hexagonales ; on trouve aussi beaucoup d'autres apparences très variées. Gaulthier de Claubry et Beudant[1] avaient cru reconnaître des dodécaèdres rhomboïdaux à faces courbes. Mais Mitscherlich a déterminé la forme cristalline de l'oxyde de plomb et a reconnu que cette substance forme des octaèdres rhombiques $b^1/_2$ avec les faces p, h^1, g^1.

On observe en petit la cristallisation de la litharge de la manière suivante : un peu de céruse est calcinée au chalumeau sur une lame de cuivre ; il se fait un globule jaune rougeâtre de litharge qui, au moment du refroidissement, se contracte en prenant une forme polyédrique à sommets trièdres. On peut répéter l'expérience indéfiniment sur le même globule, mais il faut partir du carbonate de plomb et non de l'oxyde[2].

Becquerel[3] a obtenu l'oxyde de plomb sous forme de lamelles en fondant au creuset d'argent de l'oxyde amorphe avec 4 à 6 fois son poids d'hydrate de potasse; il le rapporte au type quadratique.

Haussmann, Nordenskjöld et Grailich[4] ont mesuré les cristaux obtenus par la méthode de Becquerel et autres, et confirmé les observations de Mitscherlich ; il en est de même de MM. Geuther et Luedecke[5], qui ont fait voir de plus que le système cristallin de la litharge est très voisin du cube et du prisme quadratique, tout en étant rhombique.

Houton-Labillardière[6] a vu se déposer de petits cristaux blancs d'oxyde de plomb anhydre très voisins du dodécaèdre rhomboïdal en abandonnant six mois dans un flacon bouché une solution de plombite de soude. Mitscherlich[7] de même, puis Calvert[8] et M. Fremy[9], ayant dissous à chaud dans de la soude autant d'oxyde de plomb que possible, ont constaté que celui-ci se dépose en partie par refroidissement sous forme de lamelles jaunes ou de cristaux pseudocubiques.

Payen[10] a observé qu'une solution d'acétate de plomb traitée par un excès d'ammoniaque et chauffée à 80° laisse déposer une pluie de petites paillettes jaune foncé d'oxyde de plomb cristallin. En opérant à une température plus basse, on recueille en outre des cristaux d'hydrate PbO,HO.

Tünnemann[11] et Behrens[12] traitent de même l'acétate de plomb par un excès d'ammoniaque et exposent au soleil le flacon où se fait la réaction. Il ne tarde pas à se déposer de beaux cristaux très durs d'oxyde de plomb. Ils sont d'abord incolores, puis verdâtres ou jaunâtres.

1. *Ann. de phys. et chim.*, t. XXXIII, p. 443.
2. *J. pr. Chem.*, t. III, p. 217.
3. *Ann. de phys. et chim.*, t. LI, p. 105.
4. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 612.
5. *Zeitsch. f. Kryst u. Min.*, 1883, t. VIII, p. 82.
6. *J. Pharm.*, t. III, p. 335.
7. *J. pr. Chem.*, t. XIX, p. 451.
8. *Ann. chim. phys.* (3), t. VIII, p. 253.
9. *Ann. chim. phys.* (2), t. XII, p. 489.
10. *Ann. de chim. et phys.*, t. LXVI, p. 51. — *J. f. pr. Chem.*, t. XIII, p. 485.
11. *Karsten's Arch.*, t. XIX, p. 339.
12. *Phil. Mag.*, t. V, p. 82.

Un vase de plomb rempli d'eau *distillée* donne au bout de quelques jours un dépôt floconneux d'hydrate, qui se transforme peu à peu en oxyde anhydre cristallin grisâtre.

TÉNORITE.

CuO. *CuO.*

Ce minéral est rare dans la nature. Un échantillon de bioxyde de cuivre cristallin a été signalé par Hänle[1], comme provenant d'un morceau de cuivre qui avait été pendant plusieurs jours chauffé dans un four à chaux au milieu d'une masse d'argile.

Jenzsch[2] a décrit des spécimens du même corps trouvés dans la sole d'un four de grillage à l'usine de Mulden. Ces cristaux d'un noir de fer étaient en saillie dans les cavités d'une masse noire cristalline; $D = 6{,}45$. C'étaient des prismes rhombiques m, a^1, $e^1\,b^{1/2}$; tous étaient maclés suivant m; on a $mm = 99°39'$, $ma^1 = 122°58'$, $me^1 = 113°58'$. Il n'y a pas identité parfaite avec la ténorite naturelle.

Becquerel[3], en fondant au creuset d'argent du bioxyde de cuivre avec 4 à 6 fois son poids d'hydrate de potasse, a obtenu un résidu qui, après qu'on a séparé la partie floconneuse par lévigation, se montre formé de cristaux noirs d'un vif éclat répondant à la formule CuO. D'après l'auteur ces cristaux formaient des tétraèdres réguliers.

Nordenskjöld[4] a fait voir que l'*oxyde rouge de mercure* HgO est isomorphe avec le massicot et la ténorite ; le *précipité per se* du commerce renferme souvent des paillettes cristallines appartenant au système orthorhombique, $ph^1\,e^1$, etc.

SESQUIOXYDES

ARSÉNITE.

AsO^3. As^2O^3.

L'acide arsénieux se trouve parfois dans la nature, où il provient de l'oxydation des autres minerais d'arsenic; comme dans les laboratoires, il affectionne de préférence la forme octaédrique régulière.

Tout le monde connaît l'expérience de la sublimation de l'acide arsénieux; on

1. *Naturforscher-Versammlung zu Freiburg*, 1838.
2. *Pogg. Ann.*, t. CVII, p. 647. — *Jahresb.*, 1859, p. 213.
3. *Ann. de ch. et phys.*, 1857, t. LI, p. 122.
4. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 612.

peut opérer au chalumeau dans un petit tube; le sublimé est constitué par des octaèdres microscopiques, parfois des tétraèdres.

Il en est de même dans l'industrie : l'acide arsénieux du commerce (vulgairement *mort-aux-rats*) est formé de très petits cristaux.

Quant à l'acide arsénieux vitreux, on sait qu'il se transforme spontanément en une masse porcelanique formée d'un agrégat de petits octaèdres.

Parfois la sublimation de l'acide arsénieux dans l'industrie laisse voir des cristaux exceptionnels. Döbereiner[1] a signalé de magnifiques octaèdres trémiés provenant du grillage de pyrites arsenicales dans un fourneau du Harz. Wöhler[2], M. Mayençon[3] ont fait des observations analogues.

Laube[4] a observé la formation de beaux cristaux d'acide arsénieux dans le grillage du lignite de Baden près Eger, que l'on exploitait pour alun.

On peut aussi, comme l'on sait, faire cristalliser l'acide arsénieux par voie humide ; il présente encore la forme d'octaèdres ou de tétraèdres. Le dissolvant employé peut être l'eau pure, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque (Hirzel) ou la potasse.

SÉNARMONTITE.

SbO^3 ou Sb^2O^3. *Sb^2O^3*.

C'est une substance de filons qui accompagne souvent la valentinite, espèce dimorphe ; toutes deux proviennent de l'oxydation du sulfure des filons. Les deux variétés d'oxyde d'antimoine sont respectivement isomorphes avec celles de l'acide arsénieux.

La combustion de l'antimoine donne naissance surtout à l'oxyde rhombique ; mais il n'est pas rare d'apercevoir sur les prismes de petits octaèdres réguliers plus ou moins abondants.

C'est surtout par voie humide que l'on obtient la sénarmontite ; le procédé le plus simple consiste à dissoudre à chaud l'oxyde d'antimoine dans une lessive de soude ; par lent refroidissement, il se dépose des octaèdres.

On peut encore précipiter une solution d'émétique ou de chlorure d'antimoine, par l'ammoniaque, par les alcalis libres ou carbonatés ; le microscope montre que le précipité est formé de très petits octaèdres. C'est surtout en faisant agir les variations de température que les dimensions de ces cristaux peuvent s'accroître.

M. Pasteur[5] a reproduit l'oxyde d'antimoine octaédrique en faisant digérer plusieurs jours avec du carbonate de soude en excès de la *poudre d'Algaroth* (oxychlorure d'antimoine) récemment précipitée et lavée.

Dans tous les cas, les cristaux d'oxyde d'antimoine offrent le clivage octaédrique, leur éclat est adamantin ; leur densité est 5,22 à 5,3.

1. *Bericht. d. Naturforscher-Versammlung in Jena.*, 1836. — *Jahrb. f. Min.*, 1837, p. 298.
2. *Pogg. Ann.*, 1832, t. XXXVI, p. 182.
3. *C. R.*, 1878, t. LXXXVI, p. 491.
4. *Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt*, t. XV, p. 250. — *Jahrb. f. Min.*, 1866, p. 227.
5. *J. de Pharm.*, 1848, t. XIII. p. 395. — *Jahresb.*, 1847-48, p. 422.

ARSÉNOPHYLLITE OU CLAUDÉTITE.

AsO^3. As^2O^3.

C'est la variété rhombique de l'acide arsénieux, elle est bien moins stable et moins fréquente que l'octaédrique.

On la trouve cependant quelquefois dans les produits sublimés des fours où l'on grille des minerais arsenicaux; elle forme alors de petites tables hexagonales nacrées, très flexibles; Wöhler[1] a le premier signalé cette variété dimorphe dans un four à cobalt.

Ulrich[2] en a observé de beaux échantillons au fourneau d'Ocker, où ils provenaient du grillage des minerais de Rammelsberg. On a pu mesurer les faces m, g^1, a^1. Les cristaux étaient en partie pseudomorphosés en acide arsénieux octaédrique.

MM. Masson et Claudet[3], en 1868, ont signalé de belles lamelles d'acide arsénieux rhombique engendrées par sublimation à la suite d'une combustion spontanée de pyrites à la mine de San Domingo (Portugal).

M. Scheurer-Kestner[4] a observé des faits semblables dans un four à pyrites.

M. Nilson a vu se former les deux variétés par grillage lent à 100° de l'orpiment.

M. Debray[5] a fait cette remarque capitale que l'acide arsénieux, en se sublimant sur une paroi chauffée à plus de 250°, prend toujours la forme rhombique. On peut faire l'expérience d'une façon frappante en sublimant de l'acide arsénieux dans un tube de verre enfoncé verticalement à moitié au sein d'un bain de sable chauffé à 400°. Le tube étant scellé et rempli d'air, on voit se former à la partie inférieure la plus chaude un culot vitreux, plus haut des prismes, et enfin à la partie supérieure des octaèdres.

D'ailleurs M. Debray a remarqué que le sens des phénomènes reste le même lorsqu'on opère par voie humide. Ainsi l'acide arsénieux cristallise au sein de l'eau en tube scellé sous forme de prismes exclusivement, si la température de cristallisation dépasse 250°. Plus bas les deux formes coexistent et enfin, au-dessous, il ne se fait plus que des octaèdres.

Avant M. Debray, la formation de prismes avait déjà été constatée par voie humide.

M. Pasteur[6] le premier a préparé l'acide arsénieux prismatique en dissolvant l'acide amorphe dans une lessive de potasse bouillante et étendant d'eau la solution; l'auteur a mesuré ses cristaux et vérifié leur isomorphisme avec la valentinite

1. *Pogg. Ann.*, 1882, t. XXXVI, p. 177.
2. *Arch. Pharm.*, t. LXIX, p. 267. — *Pharm. Centr.*, 1852, p. 955.
3. *Journ. of the Chem. Soc.*, 1868, p. 179.
4. *Bull. Soc. chim.*, t. X, p. 344.
5. *C. R.*, t. LVIII, p. 1209. — *Bull. Soc. Chim.*, t. II, p. 9. — *L'Inst.*, 1864, p. 204. — *Ann. Chem. Pharm.* Supplément, t. III, p. 250. — *Jahresb.*, 1864, p. 256.
6. *J. Pharm.*, 1848, t. XIII, p. 395. — *Jahresb.*, 1847-48, p. 422.

découverte par Wöhler. Nordenskjöld[1] a fait une observation analogue; il a obtenu des tables hexagonales, optiquement biaxes, formées des faces p, m, g^1.

Hirzel[2] a obtenu l'acide arsénieux rhombique en sursaturant de l'ammoniaque chaude avec de l'acide amorphe, recuisant et évaporant ensuite à chaud. En opérant à froid, on n'aurait que des octaèdres.

B. Kühn[3] a remarqué qu'il se forme des sphérolithes d'acide arsénieux lorsqu'on dissout de l'arsénite d'argent dans l'acide nitrique.

On voit encore se former des prismes, lorsqu'on dissout à chaud l'acide arsénieux dans l'acide sulfurique étendu, et qu'on laisse refroidir lentement.

M. Urbain a observé qu'une solution d'acide arsénieux renfermant de l'acide arsénique abandonne par refroidissement des aiguilles prismatiques de AsO^3.

Il est à remarquer, d'après M. Debray, que le dissolvant employé influe sur la forme des cristaux tout autant que la température.

VALENTINITE.

SbO^3 ou Sb^2O^3. Sb^2O^3.

Ce composé, qu'on appelle aussi *exitèle*, accompagne fréquemment la sénarmontite dans ses gisements naturels.

C'est par de la valentinite que sont constituées les *fleurs argentines d'antimoine* du commerce, lesquelles ne sont autres que de l'oxyde d'antimoine préparé par grillage du métal. On sait que la production d'aiguilles cristallines au chalumeau est un des caractères de l'antimoine. (Voir du reste l'article *Antimoine.*)

Les mêmes cristaux prennent naissance quand on fait passer un courant de vapeur d'eau sur de l'antimoine chauffé au rouge; on prépare ainsi de beaux échantillons.

Il n'est pas rare de trouver dans l'industrie des géodes de valentinite d'une beauté exceptionnelle. Les scories et les fentes des fours où l'on grille le sulfure d'antimoine offrent souvent de larges prismes transparents incolores ou jaunâtres $mm = 137°$ avec g^1 et e^1. Clivage m parfait; $D = 5,6$. Ils sont parfois associés à du soufre cristallisé.

On obtient encore des prismes d'oxyde d'antimoine en versant une solution chaude et acide de chlorure d'antimoine dans une solution également chaude de carbonate de soude.

M. Debray[4] a montré qu'en appliquant la méthode qui avait donné à M. Pasteur la variété octaédrique (Voir plus haut), on peut obtenir des prismes, si l'on a soin d'opérer en vase clos à plus de 100°.

M. Terreil[5] a publié un important travail sur les conditions de la formation des deux variétés d'oxyde d'antimoine. Il a constaté que la calcination de l'antimoine

1. *Pogg. Ann.*, t. CIV, p. 621. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXV, p. 431. — *Jahresb.*, 1861, p. 263.
2. *Zeitsch. Pharm.*, 1851, p. 81.
3. *Arch. Pharm.*, t. LXIX, p. 267. — *Pharm. Centr.*, 1852, p. 955.
4. *C. R.*, 1864, t. LVIII, p. 1209.
5. *C. R.*, 1861, t. LIII. p. 302.

donne toujours de l'oxyde prismatique sans octaèdres. Ceux-ci ne s'obtiennent que par sublimation des prismes dans un gaz inerte; par ce procédé l'auteur est parvenu à obtenir côte à côte sur le même tube de remarquables échantillons des deux variétés. Les prismes sont, comme dans la nature, moins denses que les octaèdres, D = 3,72 au lieu de 5,11; ils sont moins stables, plus aisément décomposables. Ainsi le sulfhydrate d'ammoniaque brunit et dissout les prismes, tandis qu'il n'attaque pas les octaèdres. Les cristaux qui se déposent par dissolution de l'oxyde d'antimoine dans les lessives alcalines sont des antimonites hydratés, mais non de l'oxyde, malgré leur forme octaédrique.

BISMUTHOCRE

BiO^3 Bi^2O^3

L'oxyde de bismuth ne se présente dans la nature qu'en enduits amorphes; Nordenskjöld[1] l'a obtenu cristallisé par fusion de l'oxyde amorphe avec la potasse. Il a mesuré les cristaux et a reconnu que ce sont des prismes rhombiques isomorphes avec la valentinite.

CORINDON.

Al^2O^3. Al^2O^3.

Gisements. — Le corindon est un minéral qui est venu au jour avec les filons de granulite ou qui s'est formé dans les schistes cristallins par voie de métamorphisme.

Méthodes de reproduction. — Gaudin[2] a le premier reproduit le corindon; il chauffait au chalumeau oxyhydrique un creuset fermé renfermant parties égales d'alun et de sulfate de potasse avec du charbon; le feu était poussé pendant un quart d'heure, puis on laissait refroidir lentement. La masse était lessivée et attaquée par l'eau régale étendue; il restait alors un sable formé de petits cristaux de corindon; ceux-ci atteignaient 1 millimètre de large sur 1/3 de millimètre d'épaisseur.

Les cristaux de Gaudin sont des lamelles hexagonales ayant la base striée suivant trois directions parallèles aux côtés. De très fins microlithes ressemblant à la sillimanite s'y remarquent comme inclusions.

Elsner[3] a opéré de même par fusion au chalumeau oxyhydrique de l'alumine anhydre avec du bichromate de potasse; il a obtenu ainsi des grains cristallins rouges, aussi durs que le rubis.

De Sénarmont[4] a appliqué la voie humide à la cristallisation de l'alumine; il

1. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 612.
2. *C. R.*, 1837, t. IV, p. 999 et 1857, t. XLIV, p. 716. — *L'Inst.*, t. XXV, p. 110. — *J. pr. Chem.*, LXX, p. 381. — *Bibl. univ. de Genève*, t. XXXIV, p. 68. — *Jahrb. f. Min.*, 1857, p. 444.
3. *J. pr. Chem.*, t. XVII, p. 175.
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 762. — *L'Inst.*, 1851, p. 163, — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 214. — *Pharm. Centr.*, 1851, p. 518.

chauffait en tube scellé à 350° une solution de chlorure d'aluminium ou de nitrate d'alumine. Il se fait de petits rhomboèdres tronqués sur les arêtes.

Presque à la même époque, Ebelmen[1] obtenait du corindon par un procédé tout différent; il chauffait dans un four à porcelaine, au creuset de platine, une partie d'alumine amorphe avec 3 ou 4 parties de borax: au bout de quelques jours de chauffe, tout le borax était volatilisé. On trouvait au fond du creuset des cristaux de corindon et sur les bords de longues aiguilles bleuâtres d'un borate d'alumine qu'on séparait par l'action de l'acide chlorhydrique. Le corindon ainsi obtenu se présente en lamelles hexagonales ayant la forme du fer spéculaire des volcans; il ressemble beaucoup à celui de Gaudin. La base est striée par trois systèmes de raies parallèles aux côtés; on remarque de nombreuses inclusions vitreuses très irrégulières et aussi des microlithes ressemblant à la sillimanite. La densité des cristaux est 3,98; ils rayent la topaze : on a, comme dans les échantillons naturels, $a^1p = 122°35'$.

L'addition de carbonate de baryte au mélange favorise la formation des cristaux et le développement des faces rhomboédriques; ils atteignent alors plusieurs millimètres. On peut aussi ajouter à la masse du carbonate de chaux, ou même remplacer totalement le borax par le carbonate de soude; on obtient encore des lamelles hexagonales ou dodécagonales. Ebelmen a pu colorer son produit par de petites quantités d'oxydes métalliques, par exemple en violet par l'oxyde de manganèse (*améthyste orientale*). Il est à remarquer que l'acide borique seul ne peut remplacer le borax.

H. Sainte-Claire Deville et Caron[2] ont appliqué au corindon une méthode qui leur a fourni ce minéral en magnifiques échantillons. Ils disposaient du fluorure d'aluminium anhydre Al^2Fl^3 au fond d'un creuset de charbon de cornue et suspendaient au centre de celui-ci une coupelle de la même substance remplie d'acide borique. Tout l'appareil est chauffé pendant une heure au rouge blanc; en l'ouvrant, on le trouve tapissé intérieurement de grandes et minces lamelles hexagonales de corindon offrant la combinaison $a^1\ p\ e^2$. Il n'y a point de stries sur la base, mais seulement des rosettes hexagonales en saillie et des arborisations brunes; on remarque des inclusions vitreuses d'acide borique avec bulles de gaz, souvent disposées en couronnes, et de plus de fins microlithes comme précédemment.

MM. H. Sainte-Claire Deville et Caron, en ajoutant un peu de fluorure de chrome à celui d'aluminium, et opérant dans un creuset d'argile avec une coupelle de platine, ont recueilli du rubis avec un peu de saphir. Si l'on augmente la dose de fluorure de chrome, on obtient des cristaux verts (*émeraude orientale*).

M. Debray[3] a mis à profit plusieurs méthodes pour l'obtention du corindon. Il fait passer un courant lent d'acide chlorhydrique sur de l'aluminate de soude chauffé au rouge, ou encore sur un mélange de phosphate d'alumine et de chaux. Dans le second cas, il se forme en outre de la wagnérite calcique.

Le même auteur a encore fait cristalliser l'alumine en fondant du phosphate

1. *Ann. de phys. et de chim.*, 1851, t. XXXIII, p. 34.
2. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764. — *L'Inst.*, 1858, p. 133. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CVIII, p. 55. — *Dingl. pol. J.*, t. CXLVIII, p. 372. — *J. pr. Chem.*, t. LXXIV, p. 157.
3. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985. — *L'Inst.*, 1861, p. 165. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXX, p. 184. — *Jahrb. f. Min.*, 1861, p. 702. — *Bull. Soc. Chim.*, 1865.

d'alumine avec trois ou quatre fois son poids de sulfate de potasse ou de soude; un phosphate alcalin prend naissance.

Tout récemment, M. H. Grandeau[1] a eu l'occasion d'appliquer la méthode précédente à divers oxydes et a reconnu qu'en particulier avec l'alumine, après plusieurs heures de chauffe, on recueille en même temps que du corindon, du phosphate double d'alumine et de potasse cristallisé.

L'action minéralisatrice de l'acide fluorhydrique a été mise à profit vis-à-vis de l'alumine par M. Hautefeuille[2], il suffit de faire passer lentement ses vapeurs sur de l'alumine amorphe chauffée au rouge vif dans un tube de platine; il convient de diluer la vapeur fluorhydrique dans de l'azote et dans de la vapeur d'eau. Il se fait à la partie la plus chaude du tube des lamelles hexagonales trémiées de corindon, ressemblant tout à fait au fer spéculaire des volcans; elles sont d'autant plus belles que l'opération est plus prolongée, car les petits cristaux se détruisent aux dépens des grands.

M. Gaudin[3] a donné en 1869 une seconde méthode pour obtenir du corindon; il suffit d'exposer l'alumine amorphe à la flamme d'un chalumeau oxhydrique. Cet oxyde fond en verre limpide et très fluide, et par refroidissement se concrète en un globule cristallin aussi dur que le corindon.

MM. Fremy et Feil[4] sont parvenus à produire des échantillons de corindon remarquable par la grandeur des individus et le poids considérable qu'atteignent les masses cristallines, en faisant une double décomposition par voie sèche. Les auteurs fondent au rouge vif dans un grand creuset de terre très siliceuse, des poids égaux d'alumine et de minium; un aluminate de plomb fusible prend naissance. Mais il ne tarde pas à être détruit par la silice du creuset en donnant un silicate encore plus fusible et mettant en liberté l'alumine, qui cristallise au sein du fondant. Une partie du plomb est d'ailleurs volatilisée ou réduite par les gaz du foyer. En cassant le creuset, on trouve une couche superficielle vitreuse de silicate de plomb et au-dessous un agrégat de cristaux de corindon groupés en magnifiques géodes.

L'addition d'un peu de bichromate de potasse permet d'obtenir le rubis; le saphir prend naissance si l'on ajoute en outre un peu d'oxyde de cobalt.

Ces cristaux sont les plus beaux échantillons de rubis ou de saphir qui aient été obtenus; cependant leur forme de tables hexagonales les rend peu propres à la taille. Toutes les propriétés sont d'ailleurs celles du corindon : D = 4,0 à 4,1. Les rubis se décolorent temporairement, comme ceux de la nature, par le chauffage.

MMremy et Feil ont substitué dans l'expérience précédente le fluorure de baryum à l'aluminate de plomb. Les deux substances réagissantes étaient mélangées par parties égales, additionnées d'un peu de bichromate de potasse et chauffées dans un creuset siliceux, surmonté d'un autre creuset renversé. On obtient ainsi dans le creuset inférieur une géode de rubis avec inclusions vitreuses, tandis que le chapiteau se tapisse de longues aiguilles d'un silicate d'alumine et de baryte; d'après l'analyse de M. Terreil, ce produit est probablement de l'anorthite de baryte (voir *Feldspaths*).

1. *C. R.*, 1882, t. XCV, p. 921.
2. *Ann. Chim. Phys.*, 1865, t. IV, p 153. — *Jahresb.*, 1814, p. 206.
3. *C. R.*, 1869, t. LXIX, p. 1342.
4. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1029.

MM. Fremy et Feil s'efforcent actuellement de retarder les réactions précédentes de manière à nourrir les cristaux.

M. Stanislas Meunier[1] a décomposé dans un tube chauffé au rouge le chlorure d'aluminium par la vapeur d'eau; dans plusieurs expériences, du magnésium ou du zinc réagissaient en outre. Il a recueilli du coriudon en lamelles hexagonales ou grains cristallins.

MM. Fouqué et Michel Lévy[2] ont observé accidentellement la formation de corindon en jolies lamelles hexagonales dans la fusion du feldspath microcline avec de la fluorine, celles-ci tapissaient par sublimation le couvercle de platine du creuset où se faisait l'opération.

Enfin M. F. Parmentier[3] dans un travail relatif à l'action des molybdates sur les oxydes par voie sèche, a reconnu que la fusion de l'alumine amorphe avec du bimolybdate de potasse fournit du corindon en lamelles semblables à de la tridymite. Il importe d'opérer le recuit à haute température, car si celle-ci s'abaisse, une réaction inverse intervient.

OLIGISTE.

Fe^2O^3 $\qquad$ Fe^2O^3

Gisement. — Ce minéral qu'on nomme aussi *hématite*, se rencontre dans certains filons concrétionnés, ainsi qu'à l'état d'amas dans des roches sédimentaires; on le connaît encore dans les terrains cristallophylliens et dans certains gîtes métamorphiques. Il n'est pas rare dans les roches éruptives, surtout dans la série acide. Enfin il est bien connu dans les fumerolles (*fer spéculaire* des volcans).

Reproductions accidentelles. — On a trouvé à plusieurs reprises du sesquioxyde de fer accidentellement cristallisé, par exemple d'après Hausmann dans les fondations d'un haut fourneau à Altenau[4] (Harz), dans un four à poterie d'Oranienburg[5], (cristaux décrits par Fikentscher[6]); cristaux de forme $p\ a^1$ sur une argile salifère, par suite de l'incendie d'un boisage dans les mines de Wieliczka[7] (Galicie).

M. Kuhlmann[8] ayant chauffé en grand un mélange de craie et de chlorure de manganèse ferrugineux en vue de régénérer le manganèse et de fabriquer du chlorure de calcium, a trouvé sur la paroi de son four une géode remplie de cristaux rhomboédriques d'oligiste.

Von Hochstetter[9] a signalé des cristaux très petits, mais parfaitement nets d'oligiste dans un four à sulfate de soude de Hruschau.

M. Boussingault[10] a également constaté la présence d'un enduit cristallin d'oli-

1. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 701.
2. Expérience inédite.
3. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 1713.
4. *Beiträge z. Hüttenkunde*, p. 18. — *Ann. de ph. et chim.*, t. IV, p. 153.
5. *Pogg. Ann.*, t. XV, p. 630.
6. *Pogg. Ann.*, 1829, t. LXXI.
7. *Jahrb. f. Min.*, 1844, p. 324.
8. *C. R.*, t. LII, p. 1283. — *L'Inst.*, 1861, p. 214. — *Jahrb. f. Min.*, 1861, p. 590.
9. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1854, p. 894.
10. *C. R.*, 1876, t. LXXXIII, p. 1007.

giste dans les fentes d'un fourneau de Rio (Pyrénées-Orientales) où se traitait du fer spathique.

Méthodes de reproduction. — Gay-Lussac[1] a le premier, dans une mémorable expérience, reproduit artificiellement l'oligiste et rendu compte de sa formation dans les volcans. Il suffit de faire mutuellement réagir au rouge les vapeurs d'eau et de perchlorure de fer. On peut encore faire passer à la même température la vapeur d'eau sur un mélange de sulfate de fer et de sel marin.

Gay-Lussac fait en outre remarquer dans son mémoire que le chlorure de sodium se décompose par la vapeur d'eau en présence des silicates et abandonne de l'acide chlorhydrique : cette observation est capitale, car elle explique la formation de l'acide chlorhydrique dans les volcans, d'autre part elle montre comment des vapeurs de chlorure de sodium peuvent vernir des poteries. On conçoit dans les deux cas, dans quelles circonstances le fer oligiste a pris naissance.

De Haldat[2] en décomposant lentement au rouge la vapeur d'eau par du fil de fer, a constaté la formation du fer oligiste en rhomboèdres atteignant 2 millimètres. Si la température s'élève, on sait qu'il ne se fait que de l'oxyde magnétique.

De Sénarmont[3] a essayé de faire cristalliser l'oxyde de fer par voie humide ; mais, contrairement à ce que l'on observe pour l'alumine, il n'a obtenu qu'une variété amorphe, inattaquable par l'acide nitrique. Il chauffait en vase clos de 150 à 250° de l'oxyde précipité avec de l'eau pure, ou bien avec une solution de sel marin ou de chlorure de calcium ; ou encore du perchlorure de fer avec du carbonate de soude ou de chaux.

Durocher[4] par réaction mutuelle au rouge du carbonate d'ammoniaque et du chlorure ferreux, a obtenu une association d'oligiste et de magnétite.

M. Daubrée[5] obtient du fer oligiste en faisant passer du perchlorure de fer en vapeurs sur de la chaux chauffée au rouge.

G. Rose a constaté qu'une perle de borax saturée d'oxyde de fer à la flamme oxydante, se remplit par refroidissement de paillettes de fer oligiste qu'on peut isoler en traitant la perle par l'acide nitrique. Cette assertion a été confirmée par M. C. von Hauer[6] qui a répété en grand l'expérience.

Tout le monde connaît l'expérience classique de M. Rammelsberg[7] qui, par fusion du sulfate de fer avec du sel marin en excès, obtient d'innombrables paillettes hexagonales de fer oligiste.

M. Kuhlmann[8], partant de l'observation accidentelle qu'il avait faite (voir plus haut), a obtenu du sesquioxyde de fer cristallisé par fusion, dans le chlorure de calcium, de la même substance prise à l'état amorphe.

H. Sainte-Claire Deville[9] a employé non plus un fondant, mais un gaz comme

1. *Ann. de ph. et chim.*, 1823, t. XXII, p. 415.
2. *Ann. chim. et phys.*, t. XLVI, p. 70. — *Jahrb. f. Min.*, 1833, p. 680
3. *Ann. chim. et phys.*, t. XXX, p. 129. — *J. f. Chem.*, t. LI, p. 385.
4. 1851, expérience inédite.
5. *C. R.*, t. XXXIX, p. 135. — *L'Inst.*, 1853, p. 241. — *J. f. pr. Chem.*, t. LXIII, p. 1.
6. *Wien. Acad. Berichte*, t. XIII, p. 456.
7. *Pogg. Ann.*, 1859, t. CVII, p. 451.
8. *L. c.*
9. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 1264. — *J. pr. Chem.*, t. XXXIV, p. 122. — *L'Inst.*, 1861, p. 206.

agent minéralisateur. Il suffit de faire passer un courant d'acide chlorhydrique sur de l'oxyde ferrique amorphe chauffé au rouge, pour voir celui-ci prendre l'état cristallin. Il faut pour cela que le courant soit très lent, sans quoi la réaction inverse (eau et perchlorure de fer) se produit. On voit que cette expérience est la contre-partie de celle de Gay-Lussac et qu'elle la complète de la manière la plus heureuse. L'auteur a, dans une expérience, remplacé l'oxyde de fer par une lave du Vésuve, il a obtenu du fer spéculaire.

Les cristaux obtenus par cette méthode sont très beaux. Au rouge sombre, ils affectent la forme tabulaire a^1 p de ceux des volcans ; si la température monte au rouge cerise, on a des rhomboèdres de 86° avec le prisme hexagonal, $p\,e^2$. C'est une forme qu'affectionnent les échantillons de l'île d'Elbe ; les cristaux artificiels préparés par Sainte-Claire Deville sont irisés comme ceux-ci. Au rouge cerise, il y a un léger dégagement de chlore et formation d'oxyde magnétique en petite quantité, lequel suffit à rendre les cristaux attirables à l'aimant.

M. Debray [1], en fondant du phosphate de fer avec un sulfate alcalin, a obtenu des cristaux d'oligiste.

MM. Fouqué et Michel-Lévy [2], dans leurs expériences de synthèse des roches, ont plusieurs fois constaté la formation au sein du magma de lamelles hexagonales d'oligiste ; celles-ci étaient rougeâtres par transparence, non dichroïques ; elles se produisent lorsqu'un verre très siliceux et chargé de fer est soumis au recuit. Avec une composition plus basique, on obtiendrait surtout du fer oxydulé.

Enfin M. Parmentier [3] a fait cristalliser le sesquioxyde de fer en le fondant et le recuisant avec du bimolybdate de potasse ; on opère comme pour l'alumine.

Ici viennent prendre place deux composés très intéressants par leur isomorphisme avec le corindon et l'oliste, quoiqu'ils n'existent point dans la nature.

SESQUIOXYDE DE CHROME.

Cr^2O^3 $\qquad$ Cr^2O^3

L'*oxyde de chrome* Cr^2O^3 a été trouvé à l'état de cristallisation accidentelle sur les parois d'un four à réverbère où l'on fabriquait à la manière ordinaire du chromate de potasse en partant du fer chromé (Blake) [4]. Il a été signalé dans des circonstances identiques à l'usine Clouet au Havre.

La reproduction méthodique de l'oxyde chromique cristallisé a été faite pour la première fois par Wöhler [5]. Ce savant faisait passer de l'acide chlorochromique CrO^2Cl dans un tube de porcelaine chauffé au rouge sombre. Il se dégage du chlore et de l'oxygène et l'on recueille de beaux rhomboèdres d'un noir métallique, plus durs que le quartz. Leur poussière est verte, leur densité 5,2. Les macles suivant p sont très fréquentes. Les cristaux sont allongés suivant la diagonale obtuse des faces du rhomboèdre ; le clivage est rhomboédrique.

1. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985.
2. *Synthèse des minéraux et des roches*, p. 236.
3. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 1713.
4. *Sillim. Ann. J.* (2), t. X, p. 352.
5. *Pogg. Ann.*, 1834, t. XXXIII, p. 341.

Geuther[1] a répété l'expérience de Wöhler et obtenu des cristaux magnétiques auxquels il assigne la formule Cr^5O^9.

Ebelmen[2] a opéré comme pour le corindon, il calcinait pendant plusieurs jours au four à porcelaine un mélange d'oxyde de chrome amorphe, d'acide borique et de carbonate de chaux. Le culot était repris par l'acide nitrique qui n'attaque pas l'oxyde cristallin. Celui-ci se présente en rhomboèdres basés $p\ a^1$, modifiés quelquefois par les faces du prisme inverse d^1 et par l'isocéloèdre e_3. On a $pp = 85^0\ 55'$. La couleur des cristaux est le vert sombre, leur dureté est plus grande que celle de la topaze, leur densité égale à 5,215.

Svanberg[3] a observé la formation d'oxyde de chrome en fines paillettes hexagonales vertes, irisées, dans un creuset où du bichromate de potasse avait été fortement chauffé pendant 18 heures. Les lamelles incrustent les parois du creuset et même, par sublimation, le couvercle.

On constate du reste la présence de ces paillettes sublimées toutes les fois que des matières chromifères sont fortement calcinées en présence de chlorures.

M. Fremy a vu se former des cristaux de Cr^2O^3 en faisant passer un courant de chlore sur du chromate de potasse chauffé au rouge. Si la température n'est pas trop élevée, il se fait de larges lamelles ; au rouge blanc, on obtient des cristaux analogues à ceux de Wöhler.

MM. Ferrières et Dupont ont, dans le laboratoire de M. Fremy en 1881, fait réagir la vapeur d'eau sur du chlorure chromique chauffé au rouge ; le résultat de l'opération est constitué par de beaux rhomboèdres, à faces striées, d'un vert très foncé.

SESQUIOXYDE DE TITANE.

Ti^2O^3 $\qquad$ *Ti^2O^3*

MM. Friedel et Guérin[4] ont préparé un *sesquioxyde de titane* Ti^2O^3, extrêmement intéressant parce qu'il est isomorphe avec les sesquioxydes précédents et avec l'*ilménite*, composé naturel de formule $FeTiO^3$. On sait que le titane est essentiellement tétratomique à la façon du silicium, de l'étain, etc. ; mais on voit que dans certains cas, le groupement hexatomique *Ti—Ti* joue le rôle du fer, de l'aluminium, du chrome.

Les auteurs font passer sur de l'oxyde de titane amorphe chauffé au rouge, un mélange d'hydrogène et de chlorure de titane en vapeurs. L'acide titanique subit une réduction partielle et se change en un agrégat de petits rhomboèdres d'un rouge de cuivre, possédant un reflet violacé très vif. On remarque en outre du rhomboèdre primitif p, la base a^1 et l'isocéloèdre e_3, c'est-à-dire la forme des cristaux d'oligiste de l'île d'Elbe ; les incidences des faces sont très voisines de celles

1. *Nachr. d. k. Ges. Wiss. Göttingen*, 1861, p. 3. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXVIII, p. 61. — *J. pr. Chem.*, t. LXXX, p. 512. — *Jahresb.*, 1861, p. 241.
2. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, t. XXXIII, p. 34.
3. *J. pr. Chem.*, t. LIV, p. 188.
4. *C. R.*, 1876, t. LXXXII, p. 509.

qui leur correspondent dans l'oligiste et l'ilménite. Cette dernière espèce n'est, on le voit, qu'un mélange isomorphe de l'oligiste avec le sesquioxyde de titane.

Rappelons d'ailleurs qu'il y a isomorphisme entre les sesquichlorures ferrique et titanique, ainsi qu'entre les sulfates des mêmes métaux.

OXYDES SALINS CUBIQUES DE LA FORMULE M^3O^4 (SPINELLES).

SPINELLE.

MgO,Al^2O^3 — $MgAl^2O^4$.

Gisement. — Le spinelle proprement dit est essentiellement, comme ses congénères, un minéral appartenant aux roches cristallophylliennes et métamorphiques, (gneiss, micaschistes, cipolins, etc.).

Méthodes de reproduction. — Le spinelle a été reproduit par Ebelmen[1] au moyen d'une méthode qui s'applique à tous les autres membres de la série; cette méthode est fondée sur la fusion prolongée des bases protoxydes et sesquioxydes en présence de l'acide borique. Les expériences d'Ebelmen se faisaient dans un four à porcelaine de la manufacture de Sèvres; la fusion était conduite dans un creuset de porcelaine enfermé lui-même dans un creuset d'argile. Les proportions des substances étaient les suivantes :

	Spinelle incolore. gr.	Spinelle rose. gr.	Spinelle bleu. gr.	Spinelle noir. gr.
Al^2O^3	6,0	6,0	5,0	4,45
MgO	2,5	3,0	2,5	1,6
BoO^3	6,0	6,0	5,0	4,0
CaO,CO^2	1,0	»	»	»
Cr^2O^3	»	0,15	»	»
CoO	»	»	0,2	»
FeO	»	»	»	0,64

La composition des produits est la suivante :

	Spinelle rose.	Spinelle bleu.
Al^2O^3	71,9	73,2
MgO	27,0	26,0
Cr^2O^3	1,2	»
CoO	»	1,76
	100,1	100,96
Densité	3,452	3,54

1. *Ann. de phys. et chim.*, 1848, t. XXII, p. 211. — *J. pr. Chem.*, t XLIII, p. 472. — *C. R.* t. XXV, p. 279.

On recueille une masse cristalline dont la surface est couverte de figures triangulaires; on y voit de nombreuses géodes remplies de cristaux octaédriques. Ceux-ci sont débarrassés de leur gangue par l'action de l'acide chlorhydrique. Un excès de magnésie favorise la cristallisation. Les cristaux de spinelle rose deviennent temporairement verts par la calcination; ils rayent le quartz.

Ebelmen[1] a répété son expérience avec plus de succès encore dans les moufles de la fabrique de boutons de porcelaine Baptcrosse à Paris. Les cristaux atteignaient 3 à 4^{mm}; ils offraient la combinaison a^1 b^1.

M. Daubrée[2] a obtenu des cristaux de spinelle en faisant passer un courant de chlorure d'aluminium en vapeurs sur de la magnésie chauffée au rouge.

M. Stanislas Meunier[3] a mis en œuvre un procédé analogue; il faisait réagir simultanément le chlorure d'aluminium et l'eau en vapeurs sur du fil de magnésium chauffé au rouge. Le produit obtenu est formé de cubes et d'octaèdres incolores, très durs, inattaquables aux acides et non polarisants.

GAHNITE.

ZnO,Al^2O^3. $ZnAl^2O^4$.

Gisement. — C'est un minéral propre aux gîtes métamorphiques (talcschistes, cipolins, etc.), où il accompagne la zincite, la franklinite, la willémite, etc.

Reproductions accidentelles. — M. Degenhardt[4] a étudié la matière bleue qui avait depuis longtemps été signalée comme incrustant les moufles des fours à zinc silésiens. Il y a reconnu la présence de l'alumine et de l'oxyde de zinc; il s'est assuré que le produit ne s'attaque pas à l'acide fluorhydrique et a conclu à la présence du spinelle zincique.

Cette manière de voir a été confirmée par MM. Wohlfahrt, Schulze et Stelzner[5], qui ont appliqué aux fragments des moufles les méthodes de la pétrographie; ils ont reconnu au microscope un silicate ferrozincique vitreux infiltrant et enduisant la matière des moufles. Dans ce verre s'étaient développés des cristaux de willémite, de tridymite, d'une espèce triclinique (probablement anorthite zincique), et surtout de nombreux octaèdres de gahnite. Les cristaux de cette dernière espèce sont transparents, incolores ou bleuâtres; ils deviennent jaunâtres par calcination à l'air. Leurs dimensions sont de quelques centièmes de millimètres; ils sont généralement groupés en dendrites à la façon de la magnétite des roches. MM. Schulze et Stelzner sont parvenus à les isoler et ont fait les analyses dont voici le tableau :

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 330. — *Ann. de chim. et phys.*, t. XXXIII, p. 34. — *J. pr. Chem.*, t. LIV, p. 43. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 250. — *Ph. Centr.*, 1851, p. 293.
2. *C. R.*, 1853, t. XXXIX, p. 135. — *L'Inst.*, 1853, p. 241. — *J. pr. Chem.*, t. LXIII, p. 1. — *Phil. Mag.*, t. IX, p. 315.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 751.
4. *Amer. Chem.*, 1875, n° 58, p. 351. — *Berg- und Hüttenm. Zeitung*, 1875, p. 230.
5. *Neues Jahrb. f. Min Geol., und Pal.*, 1881, t. I, p. 120.

	Freiberg.	Rensberg.
ZnO.	42,60	43,74
FeO	1,12	0,73
Al^2O^3.	55,61	55,43
	99,33	99,90
Densités	4,52	4.49

M. Stelzner[1] a observé des cristaux de gahnite avec fayalite dans des scories des usines à plomb de Freiberg.

Méthodes de reproduction. — Ebelmen[2] a obtenu la gahnite en octaèdres de 2 à 3 mm., plus durs que le verre, en chauffant 18 heures dans un four à porcelaine un des mélanges suivants :

Al^2O^3.	6 gr.	25 gr.
ZnO.	5	30
BoO^3	6	35
$KO,2CrO^3$.	»	1

Le second mélange lui a fourni des cristaux rouge rubis; l'oxyde de zinc en excès favorise la cristallisation. Une analyse lui a donné :

$$ZnO = 44,1 \text{ ; } Al^2O^3 = 55,9.$$

M. Daubrée[3] a obtenu des cristaux de gahnite par réaction des chlorures d'aluminium et de zinc sur la magnésie chauffée au rouge.

Sainte-Claire Deville et M. Caron[4] ont procédé comme pour le corindon; ils chauffaient au rouge blanc dans un creuset de fer un mélange de fluorures d'aluminium et de zinc; une coupelle de platine remplie d'acide borique était suspendue au centre du creuset. Il se forme des octaèdres réguliers, noirs, très brillants, un peu ferrifères.

HERCYNITE.

FeO,Al^2O^3. *$FeAl^2O^4$.*

Ebelmen[5] a obtenu par sa méthode habituelle l'aluminate ferreux en lamelles brunes triangulaires, plus dures que le quartz; il employait un mélange de 33 gr., Al^2O^3; 2,57 FeO; 2,5 BoO^3.

1. *Neues Jahrb. f. Min., Geol. und Pal.*, 1882, t. I, p. 170.
2. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, t. XXXIII, p. 34.
3. *L. c.*
4. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764.
5. *L. c.*

MAGNOFERRITE.

MgO,Fe^2O^3 $MgFe^2O^4$

H. Sainte-Claire Deville[1] a obtenu le *ferrite de magnésie* MgO,Fe^2O^3 en faisant passer au rouge un courant de gaz acide chlorhydrique sur un mélange de magnésie et de sesquioxyde de fer. Les cristaux sont noirs, éclatants et offrent la combinaison $a^1\ b^1$.

Dans cette expérience la magnésie échappe partiellement à la combinaison et cristallise sous forme d'octaèdres incolores de périclase.

CHLOROSPINELLE OU PLÉONASTE.

$MgO,[Al,Fe]^2O^3$. $Mg[Al,Fe]^2O^4$.

Il est très probable qu'en ajoutant dans cette expérience de l'alumine au sesquioxyde de fer, on reproduirait l'aluminoferrite de magnésie identique au chlorospinelle ou au pléonaste naturel.

On peut rapporter aux spinelles précédents : hercynite, chlorospinelle, pléonaste, ainsi qu'à la *picotite*, ceux qui font partie intégrante de certaines roches éruptives.

MM. Fouqué et Michel-Lévy[2] ont obtenu dans un grand nombre de leurs expériences de fusion suivie de recuit, des octaèdres réguliers d'une extrême netteté, brun foncé, très réfringents. Ces spinelles cristallisent à la façon du fer oxydulé et l'accompagnent souvent ; ils s'en distinguent par leur transparence et leur complète résistance aux acides.

FRANKLINITE.

ZnO,Fe^2O^3. $ZnFe^2O^4$.

Gisements. — La franklinite possède les mêmes gisements que la gahnite, la zincite, la willémite, savoir certaines roches métamorphiques.

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée[3] a préparé des cristaux de franklinite en faisant réagir sur de la chaux chauffée au rouge des vapeurs de chlorures ferrique et zincique.

Ebelmen[4] a appliqué sa méthode à la franklinite ; par fusion prolongée des oxydes ferrique et zincique dans l'acide borique, il a recueilli des octaèdres réguliers microscopiques d'un noir brillant, avec facettes du dodécaèdre rhomboïdal. Le produit est attaqué à chaud par l'acide chlorhydrique ; il est magnétique et sa dureté est comprise entre celles du quartz et des feldspaths. $D = 5,132$.

1. *C. R.*, 1861, t. LIII, p. 199.
2. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 700.
3. *C. R.*, 1849, t. XXIX, p. 227.
4. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, t. XXXIII p. 34

Il suffirait d'introduire un peu d'oxyde de manganèse dans cette préparation pour recueillir un produit de tout point semblable à la franklinite naturelle.

MAGNÉTITE.

$FeO,Fe^2O^3 = Fe^3O^4$. Fe^3O^4.

Gisements. — La magnétite ou *fer oxydulé* se rencontre non seulement dans certains filons concrétionnés ou dans des gîtes métamorphiques : elle est en outre très répandue dans les roches éruptives les plus variées. Elle s'est alors produite aux deux temps de consolidation. C'est surtout dans les basaltes qu'elle est extrêmement abondante.

Reproductions accidentelles. — Il n'est point rare de rencontrer le fer oxydulé cristallisé dans les produits métallurgiques ; en voici quelques exemples :

Octaèdres très brillants trouvés à la surface et dans les cavités d'un bloc de matte de plomb qui avait été soumis au grillage dans l'usine d'Ocker près Goslar (Hausmann)[1].

Beaux cristaux octaédriques ou dodécaédriques qui se rencontrent assez fréquemment dans les laitiers du haut-fourneau de Châtillon-sur-Seine (Laurent)[2].

Petits cristaux brillants trouvés dans le haut-fourneau de Plons (Wiser)[3].

Observation analogue faite par M. Boussingault[4] sur un fourneau où se traitait du fer spathique à Rio (Pyrénées-Orientales).

Méthodes de reproduction. — Ebelmen[5] a pour la première fois préparé des cristaux de magnétite par fusion et recuit d'un mélange de silicate de fer et de carbonate de chaux. Le culot est traité par un acide faible et l'on recueille un sable cristallin de fer oxydulé.

Durocher[6], en 1851, a obtenu la magnétite associée à l'oligiste par réaction au rouge du carbonate d'ammoniaque sur le chlorure ferreux.

H. Sainte-Claire Deville et Caron[7] ont préparé des octaèdres de magnétite formant des groupements aiguillés, en chauffant fortement à l'abri de l'air, dans un creuset de fer, du fluorure de fer en présence d'une coupelle de platine remplie d'acide borique.

H. Sainte-Claire Deville[8] a mis également en œuvre une méthode toute différente :

1. *Götting. gelehrt. Nachr.*, n. 12, p. 178. — *Jahrb. f. Min.*, 1853.
2. *Ann. de chim. et phys.*, 1835, p. 330. — *Jahrb. f. Min.*, 1836, p. 372.
3. *Jahrb. f. Min.*, 1842, p. 517.
4. *C. R.*, 1876, t. LXXXIII, p. 1007.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 70 et XXXIII, p. 525. — *L'Inst.*, 1851, p. 179, 363. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 211. — *Pharm. Centr.*, 1851, p. 529. — *J. pr. Chem.*, t. LV, p. 342. — *Jahresber.*, 1851, p. 16.
6. Expérience inédite.
7. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CVIII, p. 55. — *J. pr. Chem.*, t. LXXIV, p. 157. — *Dingl. pol. J.*, t. CXLVIII.
8. *C. R.*, 1861, t. LIII, p. 199. — *L'Inst.* 1861, p. 257. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXX, p. 182. — *Jahrb. f. Min.*, 1862. p. 80. — *Jahresb.*, 1861, p. 7.

ayant essayé de minéraliser, par un courant d'acide chlorhydrique au rouge, le protoxyde de fer amorphe obtenu par le procédé de M. Debray, il a constaté que celui-ci se détruit en donnant naissance à du chlorure ferreux en même temps qu'à de beaux octaèdres de fer oxydulé.

M. Kuhlmann[1] a fait cristalliser l'oxyde magnétique de fer par fusion à l'abri de l'air d'un mélange de sulfate ferreux et de chlorure de calcium.

M. K. von Hauer[2] a constaté la formation de fer oxydulé octaédrique, lorsque l'on grille au rouge du chlorure ammoniaco-ferrique. Les mêmes cristaux prennent naissance lorsque l'eau et le perchlorure de fer réagissent au rouge dans un tube très fortement chauffé.

De beaux échantillons de magnétite ont été obtenus par M. Debray[3] en fondant du phosphate ferrique avec trois ou quatre fois son poids de sulfate de potasse : il suffit de reprendre par l'eau pour isoler les cristaux.

G. Rose[4] a constaté qu'une perle de borax sursaturée d'oxyde de fer, chauffée dans la flamme réductrice du chalumeau, se trouble par refroidissement, et reprise par l'acide nitrique, abandonne de très petits octaèdres noirs, opaques, souvent groupés.

M. Sidot[5] a obtenu des octaèdres de magnétite par calcination du colcotar au rouge blanc pendant douze heures.

Enfin, MM. Fouqué et Michel-Lévy[6] ont observé dans presque toutes leurs expériences de fusion la production du fer oxydulé en octaèdres. Toutes les fois que le magma est suffisamment ferrugineux, par exemple dans le cas du basalte, on voit la magnétite s'isoler tantôt en grains cristallins isolés, tantôt en belles arborisations rectangulaires ou chapelets d'octaèdres, dans des conditions identiques à celles que présente la magnétite des roches basiques. Le fer oxydulé se reconnaît à son opacité complète par transmission et à son reflet bleuâtre par réflexion. Il est à remarquer que dans les expériences de MM. Fouqué et Michel-Lévy, comme dans les roches éruptives, le fer oxydulé cristallise aux deux temps de consolidation ; malgré sa difficile fusibilité, on le trouve non seulement à l'état d'inclusions dans les autres minéraux, mais encore moulant des espèces plus fusibles que lui.

CHROMITE.

FeO,Cr^2O^3. $FeCr^2O^4$

La chromite ou *fer chromé* est un minéral des roches métamorphiques.

Ebelmen[7] a appliqué à sa reproduction la méthode dont il s'était servi pour les autres spinelles. Il a obtenu le chromite de fer pur par fusion du sesquioxyde de fer et de l'oxyde de chrome avec de l'acide borique et de l'acide tartrique. Il a

1. *C. R.*, t. LII, p. 1325. — *L'Inst.*, 1861, p. 615. — *Jahrb. f. Min.*, 1861, p. 470.
2. *Wien. Acad. Ber.*, t. XIII, p. 456. — *J. pr. Chem.*, t. LXIII, p. 439.
3. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985. — *L'Inst.*, 1861, p. 615. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXX, p. 184.
4. *Berl. Acad. Ber.*, 1867, p. 450.
5. *C. R.*, 1869, t. LXIX, p. 201.
6. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 700.
7. *Ann. de phys. et de chim.*, 1851, t. XXXIII, p. 34.

recueilli des octaèdres réguliers, noirs, ayant la dureté du quartz, non magnétiques, inattaquables par l'acide chlorhydrique. $D = 4,87$.

L'auteur, variant les substances réagissantes, a préparé aussi des fers chromés magnésiens et alumineux. Ceux-ci se présentent également en octaèdres microscopiques à faces noires brillantes, un peu magnétiques, inattaquables à l'eau régale. Leur dureté est un peu supérieure à celle du quartz. Voici la composition d'un de ces produits :

$Cr^2O^3 = 62,22$; $Al^2O^3 = 7,71$; $FeO = 26,04$; $MgO = 3,47$. Densité 4,79.

Une attaque prolongée à l'acide sulfurique et à l'acide fluorhydrique dissout à la fois du fer, de l'alumine et de la magnésie, en sorte qu'il reste un résidu formé de chromite de fer avec un peu d'alumine et de magnésie. Celui-ci n'est pas magnétique ; sa densité est 4,64.

Une des expériences dans laquelle Ebelmen n'avait introduit ni magnésie, ni alumine a formé un ferro-chromite ferreux $FeO[Cr,Fe]^2O^3$; ce spinelle forme des octaèdres réguliers noirs, aussi durs que le quartz, non magnétiques, inattaquables par l'acide chlorhydrique. $D = 4,97$.

M. Clouet[1], par fusion dans le borax d'un mélange d'oxydes de fer et de chrome, a obtenu des octaèdres réguliers auxquels il a trouvé la formule $2FeO,Cr^2O^3$; ce corps n'est donc point un spinelle comme le fer chromé.

PECHBLENDE.

$UO,U^2O^3 = U^3O^4$ $\qquad$ U^3O^4

La pechblende est un minéral de filons formé essentiellement d'oxyde vert d'urane, mais elle est toujours très impure.

M. H. Debray[2], en fondant du phosphate d'urane avec un sulfate alcalin, a obtenu des cristaux de formule U^3O^4.

SPINELLES ARTIFICIELS.

Il convient d'examiner ici les autres spinelles, n'existant pas dans la nature, obtenus par Ebelmen[3] au moyen de sa méthode habituelle, composés qui cristallisent tous dans le système cubique :

Aluminate de chaux CaO,Al^2O^3. — Il forme de larges lamelles triangulaires, incolores, plus dures que le quartz.

Il ne faut pas confondre ce spinelle avec l'aluminate tricalcique $3CaO,Al^2O^3$ des ciments hydrauliques étudié par M. Fremy et par M. Le Châtelier.

1. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 762.
2. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985.
3. *L. C.*

Aluminate de manganèse MnO,Al^2O^3. — Il constitue de larges lamelles brunes, triangulaires, striées parallèlement aux côtés, plus dures que le quartz.

Aluminate de cobalt CoO,Al^2O^3. — Ce sont des octaèdres réguliers d'un bleu noirâtre, possédant à peu près la dureté du quartz.

Chromite de magnésie MgO,Cr^2O^3. — Il se présente en petits octaèdres vert foncé, un peu moins durs que le quartz, inattaquables aux acides. Leur densité est 4,415.

Chromite de manganèse MnO,Cr^2O^3. — Ce sont des octaèdres gris de fer, rayant le quartz, inattaquables aux acides. D = 4,87.

Chromite de zinc ZnO,Cr^2O^3. — Il forme des octaèdres vert sombre, rayant le quartz. Densité = 5,309.

Divers auteurs ont encore obtenu d'autres spinelles:

Ferrite de chaux CaO,Fe^2O^3. — M. J. Percy[1] a préparé ce corps en cristaux volumineux à éclat métallique par fusion au rouge blanc des éléments suivie d'un lent refroidissement; D = 4,693.

Oxyde cobaltoso-cobaltique Co^3O^4. — Reakirt[2] a obtenu par grillage du chlorure roséocobaltique des octaèdres microscopiques d'un noir brillant. non magnétiques, inattaquables aux acides, que Schwarzenberg[3] a reconnu être de l'oxyde Co^3O^4. Schwarzenberg a obtenu le même corps par grillage de l'oxalate ou du chlorure de cobalt.

Oxyde céroso-cérique Ce^3O^4. — Nordenskjöld[4] par fusion du chlorure céreux dans le borax au four à porcelaine, a obtenu cet oxyde en cubo-octaèdres incolores ou rougeâtres D = 6,94 à 7,09.

OXYDES SALINS NON CUBIQUES DE LA FORMULE M^3O^4

CYMOPHANE.

GlO,Al^2O^3. *$GlAl^2O^4$.*

Gisements. — La cymophane ou *chrysobéryl* est un minéral qui accompagne la granulite, ou qui se trouve dans les gîtes métamorphiques.

1. *Phil. Mag.* (4) t. XLV, p. 455.
2. *Silliman Ann. J.* (2) t. XV, p. 120.
3. *Ann. der Chem. u. Pharm.*, t. XCVII, p. 211.
4. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 612. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXII, p. 129.

Méthodes de reproduction. — Ebelmen[1] a appliqué avec succès sa méthode à la cristallisation de l'aluminate de glucine. Un mélange d'alumine, de glucine et d'acide borique lui avait déjà donné des cristaux microscopiques ; mais pour avoir de beaux échantillons, il convient d'ajouter une base qui forme un fondant avec l'acide borique.

Ebelmen chauffa donc dans un four à porcelaine un creuset contenant 12 gr. de Al^2O^3, $3^{gr},5$ de GlO, 10 gr. de CaO,CO^2 et 14 gr. de BoO^3. On obtient ainsi des cristaux transparents verdâtres, rayant la topaze. Leurs dimensions atteignent 5 à 6 mm. ; leur densité est 3,759. Par addition au mélange d'un peu de chrome, on donne aux cristaux une coloration verte.

La cymophane artificielle forme des prismes orthorhombiques mesurables, souvent maclés à la façon des cristaux naturels, on y remarque les faces g^1, p, $e^1/^2$, $b^1/^2$, a^2. Les prismes sont fréquemment disposés en groupes irréguliers ; leurs extinctions sont longitudinales ; des inclusions vitreuses s'y remarquent.

H. Sainte-Claire Deville et M. Caron[2] ont fait cristalliser la cymophane par la méthode qui leur avait fourni le corindon. Ils chauffaient au rouge blanc pendant une heure, un creuset de charbon de cornue bien clos renfermant des fluorures d'aluminium et de glucinium ; au centre de ce creuset était suspendue une coupelle de charbon contenant de l'acide borique. Il résulte de la réaction de magnifiques cristaux de cymophane, identiques par leur forme aux cristaux naturels. On y remarque une macle en forme de cœur et aussi une macle complexe avec stries sur la base simulant un cristal hexagonal. La première de ces macles est fréquente dans la nature, la seconde est caractéristique de la variété *alexandrite.*

HAUSMANNITE.

$MnO,Mn^2O^3 = 2MnO,MnO^2 = Mn^3O^4$. *$Mn^3O^4$.*

Gisements. — La hausmannite est un minéral de filons.

Reproductions accidentelles. — M. Kuhlmann[3] a trouvé dans un four qui avait servi longtemps à régénérer le manganèse par calcination du chlorure brut avec de la craie, de très beaux cristaux de composition Mn^3O^4. Mais, d'après l'auteur, ces cristaux posséderaient la forme de l'acerdèse ou manganite Mn^2O^3,HO ; et dès lors ne seraient pas véritablement à rapporter à la hausmannite.

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée[4] a fait cristalliser l'oxyde rouge de

1. *C. R.*, 1847, t. XXV, p. 279. — *Ann. de phys. et chim.*, t. XXII, p. 211. — *J. pr. Chem.*, t. XLIII, p. 472.
2. *C. R.*, 1857, t. XLVI, p. 746. — *L'Inst.*, 1858, p. 133. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CVIII, p. 55. — *J. pr. Chem.*, t. LXXIV, p. 157.
3. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 1283, 1325. — *L'Inst.*, 1861, p. 216. — *Jahrb. f. Min.*, 1861, p. 530.
4. *Ann. des mines*, 1852, 5e série, t. I, p. 124.

manganèse par réaction au rouge de la vapeur d'eau sur le chlorure manganeux.

M. Debray[1] a produit des échantillons cristallins possédant toutes les propriétés de la hausmannite par fusion prolongée du sulfate de manganèse avec du sulfate de potasse. Le produit forme des tables quadratiques transparentes offrant nettement la double réfraction uniaxe.

Nordenskjöld[2] a fait cristalliser l'oxyde rouge de manganèse en le recuisant longtemps dans le borax. Des prismes quadratiques mesurables, terminés par un pointement, identiques à la hausmannite ont pris naissance.

Henri Sainte-Claire Deville[3] en faisant passer un lent courant de gaz acide chlorhydrique sur de l'oxyde salin de manganèse chauffé au rouge a fait cristalliser ce produit en octaèdres quadratiques, d'environ 104°. Ce sont là précisément les angles de la hausmannite, ils sont peu différents de ceux de l'octaèdre régulier.

M. Kuhlmann[4] a fait cristalliser l'oxyde rouge de manganèse par fusion dans le chlorure de calcium. Cette expérience lui avait été suggérée par la cristallisation accidentelle dont il a été fait mention plus haut. En quelques minutes, il se fait des aiguilles ou des paillettes allongées, dans lesquelles nous avons constaté des extinctions longitudinales et un fort dichroïsme. D'après M. Kuhlmann, il n'y aurait pas identité de forme cristalline entre ce produit et la hausmannite (voir plus haut).

M. L. Bourgeois[5] a constaté que, lorsqu'on fond un oxyde de manganèse en excès avec des silicates, une partie entre en combinaison, mais que l'autre se sépare à l'état de cristaux affectant tout à fait les allures du fer oxydulé des roches. La hausmannite ainsi produite est un peu transparente, brun rouge par transmission, agissant sur la lumière polarisée. Ses cristaux formés dans le premier temps de consolidation sont empâtés par des silicates (rhodonite, spessartine, etc.); ce sont tantôt des octaèdres isolés, tantôt des groupements multiples rappelant ceux de la magnétite : six cristaux de hausmannite s'assemblent suivant trois droites rectangulaires en donnant un groupement qui simule un octaèdre régulier. Cette expérience rapproche l'oxyde salin de manganèse des spinelles proprement dits, notamment de la magnétite, du pléonaste, et de la picotite.

M. Al. Gorgeu[6] a préparé des cristaux mesurables de hausmannite en décomposant le chlorure de manganèse au rouge par une atmosphère oxydante chargée de vapeur d'eau. Il suffit de calciner pendant quelques heures sur la flamme d'un bec Bunsen le chlorure placé dans un double creuset de platine ou de porcelaine imparfaitement bouché. De beaux cristaux incrustent les parois du creuset extérieur; ils offrent la forme de l'octaèdre quadratique b^1 surmonté d'un autre octaèdre plus aigu b^3; les angles sont ceux de la hausmannite. Toutes les propriétés chimiques et physiques concordent avec celles du minéral naturel. $D = 4{,}8$.

L'auteur a varié ses expériences et étudié l'influence des divers gaz sur le chlorure de manganèse fondu. Il a encore introduit dans le chlorure manganeux

1. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 985.
2. *Pogg. Ann.*, 1861, t. CXIV, p. 612.
3. *C. R.*, 1862, t. LIII, p. 199. — *Jahrb. f. Min.*, 1862, p. 80.
4. *L. c.*
5. *Ann. de phys. et de chim.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse p. 35.
6. *C. R.*, 1883, t. XCVI, p. 1144. — *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI p. 136.

des chlorures, bromures et iodures étrangers et constaté qu'il se forme toujours de la hausmannite.

M. Gorgeu a en outre montré que l'introduction de sulfates alcalino-terreux dans le chlorure amène la formation d'une association de hausmannite avec la barytine, la strontianite ou l'anhydrite ; le premier de ces minéraux se consolide avant les sulfates de baryte, etc., ce qui est conforme aux donuées de l'observation relativement aux filons de hausmannite.

MINIUM.

$2PbO,PbO^2 = Pb^3O^4$. *Pb^3O^4*.

Ce composé se présente dans la nature seulement sous forme d'enduits amorphes. Mitscherlich a observé des portions cristallines dans le minium du commerce. C. von Leonhard[1] a trouvé des cristaux de minium dans les mines de Freiberg, Gleiwitz et Holzappel. On ne donne pas de renseignements sur la forme cristalline du minium.

PRODUITS ARTIFICIELS ANALOGUES AUX PRÉCÉDENTS.

Il y a lieu de mentionner à la suite des composés précédents deux spinelles non cubiques obtenus par Ebelmen[2], à l'aide de sa méthode ordinaire.

L'*aluminate de baryte* BaO,Al^2O^3 constitue des lamelles cristallines rayant la topaze et agissant sur la lumière polarisée.

L'*aluminate de cadmium* CdO,Al^2O^3 se présente en cristaux prismatiques plus durs que le quartz.

M. Gerber[3] a préparé sous forme cristalline les *chromites de baryte, cuivre, fer, plomb, manganèse* par calcination au rouge des chlorures anhydres correspondants avec du bichromate de potasse.

BIOXYDES

QUARTZ.

SiO^2. *SiO^2*.

Gisements. — Ce minéral, un des plus importants qui existent, ne se rencontre pas seulement en filons et géodes datant des périodes géologiques les plus variées,

1. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 354.
2. *L. c.*
3. *Bull. soc. chim.*, t. XXVII, p. 435.

il forme encore une partie intégrante d'un grand nombre de roches (voir le chapitre des *Roches*). Il n'est donc pas étonnant que beaucoup d'expérimentateurs en aient poursuivi la reproduction.

On va voir que des difficultés considérables se sont présentées dans ces recherches, et que, trop souvent, on a obtenu, au lieu du produit cherché, de la tridymite ou des matières colloïdes analogues à l'opale. De plus, les cristaux de quartz artificiel ont presque toujours affecté la forme prismée $e^2 pe^{1/2}$ habituelle aux échantillons filoniens. Les diverses variétés de quartz des roches n'ont jamais été reproduites, particulièrement les grains bipyramidés, des granulites, porphyres, rhyolites, les associations intimes de quartz et de feldspath, des pegmatites et de certains porphyres (micropegmatites), les grains moulés sur les autres éléments de la roche, qui caractérisent les granites ; d'ailleurs les conditions de formation des roches acides sont tout à fait inconnues.

Reproductions accidentelles. — La présence du quartz n'a pas été signalée avec certitude dans les produits accidentels des hauts-fourneaux.

Les variétés de silice trouvées dans ces circonstances, par exemple à l'usine d'Olsberg [1] sont des masses soyeuses, asbestiformes, ou des sphérolites peu distincts. Jeffreys [2] a obtenu en faisant réagir la vapeur d'eau sur les parois d'un four à porcelaine chauffé au rouge blanc des échantillons de silice semblables aux précédents.

Méthodes de reproduction. — M. Schafhäutl [3] a annoncé avoir reproduit le quartz en dissolvant de la silice gélatineuse dans l'eau (marmite de Papin chauffée pendant huit jours). La solution limpide doucement évaporée aurait laissé déposer des cristaux de quartz $e^2 pe^{1/2}$.

On doit à de Sénarmont [4] une série d'expériences absolument authentiques qui lui ont donné des cristaux microscopiques de quartz avec leur forme habituelle, leurs stries transversales, et des propriétés optiques normales. Ce savant y est parvenu en chauffant plusieurs jours à 350° dans un tube de verre une petite quantité de silice gélatineuse avec de l'eau chargée d'acide carbonique ou renfermant un peu d'acide chlorhydrique.

M. Daubrée [5] a fait réagir la vapeur d'eau sur le chlorure ou le fluorure de silicium et n'a pas obtenu ainsi de produit nettement déterminable. L'action de $SiCl^2$ ou $SiFl^2$ sur des bases diverses ne lui a guère donné que des silicates. Mais en chauffant à 320° dans des tubes de verre de l'eau pure ou de l'eau minérale de Plombières, il est parvenu [6] à attaquer le verre qui s'est couvert d'enduits siliceux,

1. Koch, *Beiträge zur Kenntniss d. kryst. Hütten-Producte*, p. 34.
2. Fuchs, *d. künst. darg. Min.*, p. 94.
3. *Münchener gelehrte Anzeigen*, 1845, p. 557.
4. *Ann. de phys. et chim.*, t. XXXII, p. 129. — *C. R.*, t. XXXII, p. 409. — *Ann. Ch. Pharm.* t. LXXX, p. 212. — *L'Inst.*, 1851, p. 91.
5. *C. R.*, 1849, t. XXXIX, p. 227. — *Bull. Soc. géol.*, t. VII, p. 267. — *Ann. des mines*, t. XVI, p. 129.
6. *Annales des mines*, 1857, 5e série, t. XII, p. 289. — *Etudes et expériences synthétiques sur le métamorphisme*, 1860.

avec de nombreuses aiguilles de wollastonite, avec quartz mesurable $e^2pe^1/_2$, souvent plagièdre, et sphérolites calcédonieux.

MM. Friedel et Sarasin[1] ont obtenu des cristaux de quartz d'une netteté remarquable en chauffant dans un tube scellé au rouge sombre une solution de silice dans une lessive de potasse étendue. L'aspect du produit est celui du quartz des filons. Par contre, dans une expérience où une fuite accidentelle s'était produite et où, en vue de la reproduction simultanée du feldspath, l'alumine avait été introduite dans le mélange, on a trouvé des cristaux bipyramidés raccourcis de quartz, comparables aux échantillons tirés des roches.

M. Hautefeuille a réussi le premier à préparer du quartz par voie sèche. Dans sa première série d'expériences[2], il a fondu la silice amorphe avec du tungstate de soude pendant quelques semaines à une température voisine de 900°; l'échange mutuel des acides silicique et tungstique a donné ainsi des cristaux bien nets doués de la dureté, de la densité et des propriétés optiques du quartz. Mais, outre les facettes normales du quartz y compris les faces plagièdres, on remarque le pointement aigu e^5e^4 qui donne au produit un aspect fusiforme spécial. La substitution du tungstate lithique à celui de soude donne même une pyramide plus aiguë encore $e^5e^7/_5$. L'addition d'acide borique amène la formation des facettes du prisme e^2.

M. Hautefeuille[3] a encore obtenu simultanément le quartz et l'orthose par fusion à 700° de l'alumine et de la silice avec des phosphates et des fluorures alcalins; l'aspect du quartz est normal : e^2, p, $e^1/_2$.

Dans une série d'expériences encore inédites, le même auteur fait cristalliser la silice sous forme de quartz en la chauffant à 200° dans un tube de platine clos avec une solution d'acide hydrofluosilicique.

MM. Hautefeuille et Margottet[4] ont obtenu des cristaux de quartz par fusion au rouge sombre de la silice avec du chlorure de lithium et un peu de lithine; les cristaux affectent l'apparence normale $e^2\,p\,e^1/_2$. Au rouge il se fait de la tridymite.

M. Parmentier[5] a substitué, dans l'expérience de M. Hautefeuille, le molybdate de soude au tungstate, et obtenu ainsi du quartz associé à la tridymite; il a appliqué cette expérience au dosage de la silice sous forme cristalline dans les silico-molybdates qu'il avait spécialement étudiés.

TRIDYMITE.

SiO^2. *SiO²*.

Gisements. — Cette variété dimorphe de silice ne s'est jusqu'à présent rencontrée que dans les roches éruptives, tertiaires et post-tertiaires, acides ou intermédiaires (rhyolites, dacites, trachytes, andésites.) L'eau sous pression semble dans un grand nombre de cas être intervenue dans sa formation.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 113.
2. *C. R.*, 1878, t. LXXXVI, p. 1133. — *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, p. 1.
3. *C. R.*, 1880, t. XCIII, p. 686.
4. *Bull. Soc. Min.* 1881, t. IV, p. 244. — *C. R.*, t. XCIII, p. 636.
5. *Ann. scient. de l'Ec. Norm. sup.*, 1882 et thèse.

Reproductions accidentelles. — M. Daubrée [1] a signalé la tridymite parmi les produits déposés sous l'influence des eaux thermales de Plombières.

M. Vélain [2] en a signalé la présence à l'état microscopique dans des scories provenant de l'incendie de meules de blé, à Petit-Bry (Seine-et-Marne) et à Nogentel (Aisne).

MM. Schulze et Stelzner [3] ont observé sur les parois des moufles silésiens pour la métallurgie du zinc, la présence de lamelles de tridymite associées à la gahnite et à la willémite.

Méthodes de reproduction. — La tridymite a été reproduite pour la première fois par G. Rose [4] en fondant la silice ou un silicate avec du sel de phosphore ou du borax en excès. Les cristaux obtenus sont des lamelles hexagonales dont les propriétés sont de tout point conformes à celles du minéral : $D = 2,317$.

L'emploi du carbonate de soude comme fondant donne de la tridymite en groupements sphérolithiques.

Les squelettes de silice qui se forment quand on fond au chalumeau un silicate avec du sel de phosphore sont constitués par de la tridymite.

M. Hautefeuille [5] a substitué le tungstate de soude au phosphate et a obtenu, par une fusion à haute température, des lamelles de tridymite d'une grande beauté. Ce procédé offre cette circonstance très remarquable que, si la température vient à s'abaisser, la tridymite cesse de se produire et cède la place au quartz à pyramide aiguë.

M. Parmentier arrive au même résultat en remplaçant le tungstate par du molybdate de soude. Voir *Quartz*.

M. Hautefeuille a répété avec succès l'expérience de G. Rose, en substituant divers phosphates à celui de soude ; l'addition de fluorures favorise la cristallisation. Le chlorure de calcium peut encore servir de minéralisateur à la silice et donner naissance à de la tridymite, mais son action est très lente. Dans ces diverses expériences, la tridymite se montre tantôt uniaxe, tantôt biaxe. Lorsqu'il y a formation simultanée de quartz et de tridymite, le second minéral englobe toujours le premier.

MM. Hautefeuille et Margottet [6], par l'emploi du chlorure de lithium comme fondant, obtiennent à volonté du quartz ou de la tridymite; voir *quartz*.

MM. Friedel et Sarasin [7] ont également obtenu la tridymite concurremment avec le quartz, mais par voie humide, en chauffant en tube scellé une lessive alcaline avec de la silice gélatineuse.

MM. Fouqué et Michel-Lévy [8], par fusion et recuit des éléments d'un bisilicate (augite, enstatite, hypersthène), se sont procuré, dans un culot entièrement cristallisé, une variété de silice pure, rappelant, sauf l'absence de macles, l'apparence

1. *Etudes synthétiques de géologie expérimentale*, 1878, p. 175.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1878, p. 113.
3. *Neues Jahrb. für Min. Geol. und Pal.*, 1881, t. I, p. 120.
4. *Monatsber. der k. Akad. der Wiss. zu Berlin*, 1869, p. 449. — *Ber. d. deutsch. ch. Ges.*, 1869, p. 388.
5. *C. R.*, t. LXXXVI, 1878, p. 1133. — *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, p. 1.
6. *L. C.*
7. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 160.
8. *Synth. des minér. et des roches*, p. 76 et 86.

microlithique du feldspath des roches trachytoïdes. Il est possible que cette matière qui offre des extinctions longitudinales, soit de la tridymite ; peut-être de l'asmannite.

Cette même variété se développe dans une masse vitreuse par fusion et recuit des silicates de potasse ou de soude très acides.

La transformation du quartz en tridymite soit spontanément, soit par calcination prolongée, est douteuse.

PRODUITS ARTIFICIELS ANALOGUES A LA TRIDYMITE.

On peut faire mention ici de bioxydes n'existant pas dans la nature, mais qui paraissent isomorphes avec la tridymite.

MM. A. Michel-Lévy et L. Bourgeois[1] ont obtenu des échantillons de *zircone* ZrO^2 cristallisée en lamelles hexagonales régulières, uniaxes positives, en fondant au rouge cerise de la zircone amorphe ou du zircon avec du carbonate de soude. Toute la zircone s'isole ainsi à l'état cristallin.

Le même traitement appliqué à l'*acide stannique* SnO^2 fournit celui-ci sous la même forme avec les mêmes propriétés optiques.

L'un et l'autre produits sont ordinairement jaunâtres, surtout le second : ils renferment du *bioxyde de platine* PtO^2 provenant du creuset, lequel se trouve incorporé aux cristaux par voie d'isomorphisme.

L'acide titanique ne fournit rien de semblable.

RUTILE.

TiO^2 *TiO^2*

Gisements. — Le rutile est un minéral accessoire des roches acides, particulièrement de la granulite, il est fréquent dans les filons stannifères, on le trouve aussi parfois dans les gîtes de magnétite. Il est encore assez abondant dans les roches cristallophylliennes et métamorphiques.

Reproductions accidentelles. — Des échantillons de rutile en prismes pyramidés ont été signalés dans les fentes d'un haut-fourneau par Scheerer[2].

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée[3] a obtenu des cristaux de rutile en faisant réagir mutuellement, dans un tube chauffé au rouge, des vapeurs d'eau et de chlorure de titane diluées dans l'acide carbonique.

La méthode d'Ebelmen[4] s'applique à l'acide titanique avec succès et le trans-

1. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 812 et 1365. — *Bull. Soc. Min.*, 1882, t. V, p. 136.
2. *Berg. und Hüttenm. Zeitung.*, 1862, p. 98.
3. *C. R.*, 1849, t. XXIV, p. 227.
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 230. — *Ann. de phys. et chim.*, t. XXXIII, p. 34. — *J. f. pr. Chem.*, t. LIV, p. 145. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 205.

forme en rutile. La fusion prolongée de l'acide titanique amorphe avec de l'acide borique ne donne que de fines aiguilles difficilement déterminables ; mais si l'on emploie comme fondant du sel de phosphore au lieu d'acide borique, on recueille de beaux prismes transparents d'un jaune d'or, atteignant 1 centimètre ; D = 4,283.

D'après Knop[1], il se forme aussi dans le sel de phosphore, un phosphate de titane orthorhombique $3TiO^2,PhO^5$.

De Sénarmont[2] s'est servi de la voie humide pour amener la cristallisation du rutile ; la méthode est celle qui avait été employée pour le quartz ; l'auteur chauffait en vase clos à 200° de l'acide titanique amorphe avec une solution saturée d'acide carbonique.

M. H. Sainte-Claire Deville et Caron[3] ont mis à profit la décomposition par voie sèche des titanates métalliques par la silice. Après plusieurs essais, ils ont adopté le procédé suivant : On fond dans un creuset de terre un mélange d'acide titanique et de protoxyde d'étain amorphe. Il se forme un titanate stanneux fusible que la silice du creuset décompose peu à peu ; l'addition d'une petite quantité de quartz pulvérisé aide d'ailleurs à la réaction. On recueille une scorie stannifère remplie de druses tapissées de prismes octogonaux cannelés de rutile. Ceux-ci atteignent 5 à 6 millimètres de long ; ils sont parfois incolores, plus souvent colorés en rouge vif par des traces de fer. Les mesures goniométriques faites sur la zone du prisme confirment l'identité avec le rutile naturel : $m\ h^1 = 135°$.

H. Sainte-Claire Deville[4] a appliqué à l'acide titanique la même méthode que pour le fer oligiste, ses expériences sont corrélatives de celles de M. Daubrée. Ici l'on voit un lent courant d'acide chlorhydrique ou encore d'acide fluorhydrique en vapeurs passant sur de l'acide titanique amorphe chauffé au rouge donner naissance à du rutile en cristaux très petits, mais parfaitement nets.

Lorsqu'on opère dans une atmosphère réductrice, il se fait un oxyde bleu $Ti^2O^3,TiO^2 = Ti^3O^5$ en lamelles cristallines bleu foncé ; c'est ce composé qui donne à certains rutiles naturels leur coloration.

L'acide titanique amorphe peut encore cristalliser par fusion simple[5] ; si on le fond à la flamme du chalumeau oxyhydrique, sur un support de charbon, on voit le globule prendre par refroidissement une texture cristalline : D = 4,1.

On doit à M. Hautefeuille[6] un très important travail d'ensemble sur la reproduction des diverses variétés d'acide titanique cristallisé ; ce savant a répété et varié les expériences de MM. Daubrée et Sainte-Claire Deville. Voici l'indication des principaux essais de M. Hautefeuille avec leurs résultats.

On prépare du rutile en cristaux raccourcis mesurables en faisant passer un courant de gaz chlorhydrique dilué dans l'air sec sur un mélange de titanate de soude et de chlorure de potassium, déposé dans une nacelle de platine. La masse

1. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CLVII, p. 363.
2. *Ann. de phys. et chim.*, 1851, t. XXXII, p. 129.
3. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764 et 1862, t. LIII, p. 161. — *L'Inst.*, 1858, p. 133 et 1862, p. 249. — *Jahrb. f. Min.*, 1862, p. 179.
4. *C. R.*, 1862, t. LIII, p. 161. — *L'Inst.*, t. XXIX, p. 249. — *Jahrb. f. Min.*, 1852, p. 79.
5. Fuchs, *die künst. darg. Min.*, p. 91.
6. *C. R.*, 1864, t. LVII, p. 148 et 1865, t. LIX, p. 188. — *Ann. de phys. et chim.*, 1865, 4e série, t. IV, p. 129. — *L'Inst.*, 1865, p. 226. — *Bull. Soc. Chim.*, t. V, p. 558 et 1864, t. II, p. 194 — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIX, p. 215.

reprise par l'eau abandonne des prismes jaunâtres à section octogonale $m\ h^1 = 135°$ D $= 4,3$.

Le rutile aciculaire se prépare par deux procédés.

Le premier consiste à faire réagir, dans un gros tube chauffé au rouge, des vapeurs de chlorure de titane diluées dans le gaz chlorhydrique ou de l'air saturé de vapeur d'eau ; l'opération porte sur 50 grammes environ de chlorure. On trouve le tube rempli d'une grande quantité de petites aiguilles, où l'on a pu mesurer un angle de 90°.

L'addition d'un peu d'acide fluorhydrique amène la formation de brookite.

Le second procédé consiste à faire réagir le gaz acide chlorhydrique sur un mélange d'acide titanique amorphe avec un excès de fluorure de potassium ou de calcium. Le mélange est chauffé dans un creuset de platine renfermé lui-même dans un creuset de terre. Avec le fluorure potassique, on chauffe d'abord au rouge vif pendant un quart d'heure, puis on fait arriver par le couvercle un lent courant d'acide chlorhydrique. La masse est reprise par l'eau et l'on recueille de longs prismes jaune d'or de rutile implantés sur les parois du creuset. Si l'on prend comme fondant le fluorure de calcium, il faut fondre la masse pendant une heure avant de faire passer l'acide chlorhydrique. La masse reprise par l'acide chlorhydrique étendu abandonne des aiguilles jaune pâle plus petites que précédemment.

M. Hautefeuille a répété les mêmes expériences dans un milieu réducteur; il suffit pour cela d'opérer; dans un creuset de charbon de cornue, le rutile se présente alors sous une belle couleur bleue.

Le rutile aciculaire forme des prismes à quatre pans terminés par un octaèdre. Angles mesurés 134° 40′ à 135° 48′ (naturel 135° 4′).

Le rutile tabulaire se prépare en fondant de l'acide titanique dans le fluosilicate potassique et faisant passer de l'acide chlorhydrique sur la masse chauffée au rouge. Il se fait des lamelles avec angle de 135°, analogues au rutile de New-Jersey. On peut remplacer le fluosilicate par un mélange de chlorure de calcium et de silice; on obtient alors du sphène concurremment avec le rutile. L'addition du fluorure de calcium favorise la cristallisation du rutile et entrave celle du sphène.

La variété *sagénite* se prépare en faisant réagir au rouge l'acide chlorhydrique sur un mélange de 2 parties d'acide titanique, 10 de silice et 25 de fluosilicate. Il se fait de nombreuses aiguilles gris jaunâtre, devenant temporairement jaune verdâtre par calcination ; D $= 4,1$ à $4,2$. (Voir du reste *Anatase* et *Brookite*.)

M. Hautefeuille [1] a tout récemment préparé des cristaux de rutile par la méthode qui lui a donné le quartz et la tridymite. Il suffit de fondre et de recuire pendant quelques semaines de l'acide titanique amorphe dans le tungstate de soude, et de reprendre la masse par l'eau. Il se fait des prismes cannelés mh^1h^7 maclés suivant a^1.

La substitution du vanadate de soude au tungstate donne au rutile produit une coloration d'un beau rouge. M. Hautefeuille a encore obtenu du rutile par fusion de l'acide titanique avec des silicates très-acides, ou bien avec du chlorure de calcium.

1. *Ann. scient. de l'Ec. Norm. sup.*, 1878.

MM. Friedel et Guérin[1] ont obtenu de petits cristaux brillants de rutile en faisant réagir un courant de chlorure de titane en vapeurs sur du fer titané, de la magnétite ou de la sidérose. Le fer passe à l'état de perchlorure volatil et le titane s'oxyde.

Si l'on fait agir dans cette expérience des influences réductrices, on constate la formation de l'oxyde bleu Ti^3O^5 bien cristallisé, composé déjà reproduit par H. Sainte-Claire Deville.

CASSITÉRITE.

SnO^2 SnO^2

Gisements. — La cassitérite se présente toujours dans la nature comme partie intégrante de filons qui ont pris naissance à la suite de l'éruption de la granulite.

Reproductions accidentelles. — Törmer[2] a trouvé dans une crevasse de la sole d'un fourneau, à la fonderie royale de canons de Dresde, une masse poreuse dans les cavités de laquelle s'étaient développées des aiguilles très brillantes, les unes incolores et transparentes, les autres grises ou salies par des granulations noires. La loupe y fait reconnaître des prismes quadratiques *m p*, striés longitudinalement, et l'analyse chimique a montré qu'on avait affaire à de la cassitérite.

La même substance a été rencontrée avec le même aspect dans la fonderie de canons de Woolwich (F. A. Abel[3]). Les cristaux où se remarquaient des inclusions métalliques s'étaient développés dans une cavité entre la surface du bronze et celle des scories.

On a encore constaté la formation accidentelle d'acide stannique cristallisé dans les cavités de la sole d'un fourneau de Swansea où se traitaient des minerais de cuivre stannifères.

Klapproth[4] ayant fondu de la cassitérite dans un creuset placé dans un four à porcelaine, a constaté que celle-ci avait fondu en formant un verre très dense, tandis qu'une partie avait cristallisé sous forme de prismes tapissant l'intérieur du creuset et son couvercle.

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée[5] a pour la première fois reproduit la cassitérite en faisant réagir mutuellement au rouge les vapeurs d'eau et de bichlorure d'étain. Il se fait un dépôt de cristaux très petits, mais parfaitement nets ; les échantillons obtenus sont plus beaux si cette dernière vapeur est diluée dans l'acide carbonique. Les cristaux sont ordinairement incolores, leur éclat est adamantin, ils rayent le verre. Ils simulent des prismes rhombiques qui seraient isomorphes avec ceux de brookite, mais les travaux ultérieurs de H. Sainte-Claire Deville ont prouvé qu'on avait bien affaire à des prismes quadratiques de cassitérite.

1. *C. R.*, 1876, t. LXXXII, p. 509.
2. *J. f. prakt. Chem.*, t. XXXVII, p. 380. — C. von Leonhard, *Taschenbuch*, t. III, p. 49.
3. *Quart. J. of Roy. Chem. Soc.*, t. X, p. 119. — *Jahrb. f. Min.*, 1859, p. 815.
4. *Beiträge zur Hüttenkunde*, t. II, p. 249.
5. *C. R.*, 1849, t. XXIX, p. 227. — *L'Inst.*, t. XVIII, p. 115. — *Ann. des Mines*, t. XVI, p. 129. — *Bull. Soc. Géol.*, t. VII, p. 267. — *Jahrb. f. Min.*, 1849, p. 712.

M. Daubrée a encore obtenu des cristaux de la même substance en faisant réagir des vapeurs de bichlorure d'étain sur de la chaux chauffée au rouge.

MM. H. Sainte-Claire Deville et Caron[1] ont remplacé avec succès le bichlorure d'étain par le fluorure dans la première expérience de M. Daubrée.

H. Sainte-Claire Deville[2] a fait cristalliser la cassitérite par les mêmes méthodes que le rutile, il fait passer un courant d'acide chlorhydrique sur de l'acide métastannique amorphe contenu dans une grande nacelle de platine renfermée elle-même dans un tube de porcelaine chauffé au rouge vif. Un lent courant de gaz chlorhydrique amène la formation de petits cristaux en octaèdres quadratiques qui tapissent la nacelle. Si l'acide chlorhydrique passe rapidement, on observe la sublimation apparente de l'acide stannique, grâce à deux réactions inverses, et celui-ci se présente en magnifiques prismes terminés par le pointement octaédrique habituel.

Le même auteur a répété les expériences de M. Daubrée et obtenu par réaction mutuelle des vapeurs d'eau et de bichlorure d'étain, de beaux prismes de cassitérite offrant la combinaison $m\ h^1\ a^1$ (on a $a^1\ a^1$ latéral $= 87°30'$, naturel $87°8'$); on y observe fréquemment la macle caractéristique dite *bec de l'étain.* M. Sainte-Claire Deville n'a jamais enregistré la formation de cristaux rhombiques isomorphes avec la brookite.

Knop[3] a obtenu, par fusion de l'acide stannique amorphe dans le sel de phosphore, non de la cassitérite, mais deux phosphates, l'un $2SnO^2, PhO^5$ rhombique comme le phosphate titanique correspondant, l'autre SnO^2,PhO^5, cubique comme le phosphate silicique de M. Hautefeuille.

D'après M. Wunder[4], la fusion de l'acide stannique avec un mélange de sel de phosphore et de borax produit des phosphates sodico-stanniques, et de plus de l'acide stannique sous la forme de l'anatase.

M. Ditte[5] a encore obtenu de fines aiguilles de cassitérite par fusion et recuit au rouge blanc de l'acide stannique avec du chlorure de calcium parfaitement exempt de chaux libre.

ZIRCON.

$ZrO^2.SiO^2$ $\qquad$ $ZrSiO^4$

Ce composé, qui peut être envisagé comme un acide silico-zirconique, est isomorphe avec les deux précédents. Nous en reparlerons au chapitre des *Silicates*.

ZIRCONE.

ZrO^2 $\qquad$ ZrO^3

Ce composé n'existe pas dans la nature, mais nous en faisons mention ici parce qu'il est isomorphe avec les trois précédents.

1. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764.
2. *C. R.*, 1861, t. LIII, p. 161. — *L'Inst.*, 1861, p. 249. — *Jahrb. f. Min.*, 1862, p. 79.
3. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CLVII, p. 363.
4. *J. fur prakt. Chem.* (2), t. II, p. 206.
5. *C. R.*, 1883, t. XCIV, p. 701.

Nordenskjöld[1], par fusion et recuit de la zircone amorphe avec le borax en excès, a fait cristalliser celle-ci en prismes quadratiques terminés par un pointement octaédrique mesurable $b^{1/2} a^{1/2}$; D = 5,71.

D'après Wunder[2], cette cristallisation peut s'effectuer au chalumeau, soit dans la perle de borax, soit dans celle de sel de phosphore ; il se fait de petits prismes raccourcis *m p*, simulant des cubes.

MM. Michel-Lévy et Bourgeois[3] ont obtenu la même substance sous forme cristallitique, par fusion de la zircone au rouge blanc avec du carbonate de soude. Les arborisations sont formées de prismes quadratiques groupés, avec un pointement octaédrique terminal ; ils sont toujours fortement colorés en brun jaunâtre par une notable proportion de *bioxyde de platine* PtO^2 mélangé isomorphiquement, et provenant du creuset employé.

H. Sainte-Claire Deville et Caron[4] ont appliqué avec succès leur méthode à la cristallisation de la zircone ; celle-ci s'obtient en dendrites composées de prismes quadratiques par fusion dans un creuset brasqué du fluorure de zirconium avec de l'acide borique.

PRODUITS ARTIFICIELS ANALOGUES AUX PRÉCÉDENTS.

L'*oxyde de thorium* a été obtenu en cristaux quadratiques d'une grande beauté, isomorphes avec les précédents, par Nordenskjöld et Chydenius[5] : ces savants opéraient comme pour la zircone. Cette expérience conduit à assigner à la thorine la formule ThO^2.

Citons encore, pour compléter cette famille, le *bioxyde de ruthénium* RuO^2, découvert par M. Fremy. Ce composé se produit dans le grillage de l'osmiure d'iridium naturel, du ruthénium ou de ses composés. Ce sont des aiguilles quadratiques sublimées, $m\, a^1 b^{1/2}$, très dures, à éclat métallique violacé ; D = 7,2. De Sénarmont a mesuré les angles, et reconnu l'isomorphisme du produit avec le rutile et la cassitérite.

ANATASE.

TiO^2 TiO^2

Gisements. — L'anatase est un minéral essentiellement propre aux roches cristallophylliennes et métamorphiques.

Méthodes de reproduction. — Des trois variétés d'oxyde de titane, l'anatase paraît être la plus difficile à reproduire.

1. *Pogg. Ann.*, t. CXIV, p. 612.
2. *J. f. pr. Chem.* (2), t. II, p. 206.
3. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 812. — *Bull. Soc. Min.*, 1882, t. V, p. 136.
4. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764.
5. *Pogg. Ann.*, t. CX, p. 642.

Wöhler[1] a obtenu de petits cristaux octaédriques aigus ordinairement incolores, doués d'un éclat adamantin, en faisant passer un courant de vapeur d'eau au rouge sur les cubes d'azoto-cyanure de titane TiC^2Az, $3Ti^3Az$, qui prennent naissance dans les hauts-fourneaux. Il se dégage du cyanure d'ammonium et de l'hydrogène, et l'on observe une pseudomorphose. (Voir, t. II, 2e sect., 2e fascic., p. 339.)

H. Sainte-Claire Deville a aperçu parmi les cristaux de rutile formés par réaction mutuelle des vapeurs d'eau et de chlorure de titane, des octaèdres plus aigus qu'il a rapportés à l'anatase.

M. Hautefeuille[2] a obtenu de l'anatase dans les expériences où il traitait un mélange d'acide titanique et de fluorure de calcium par des vapeurs d'eau, de fluorure de silicium et d'acide chlorhydrique. L'anatase s'était formée en cristaux isolés à la partie supérieure du tube où la température était la plus basse.

M. Hautefeuille a encore obtenu l'anatase par réaction mutuelle des vapeurs d'eau et de fluorure de titane, en ayant soin de ne pas dépasser la température de l'ébullition du cadmium. Il se forme de beaux cristaux d'anatase souvent tabulaires $b\,{}^1/_2\,p$. On a $b^1/_2\,b^1/_2 = 97°40'$ et $136°30'$; $D = 3{,}7$ à $3{,}9$. Les cristaux offrent le plus souvent une belle couleur bleue ou violette due à une trace d'oxyde Ti^2O^3; pour avoir des échantillons incolores comme l'anatase du Brésil, il faut diluer la vapeur d'eau dans un courant d'air.

G. Rose[3] a observé qu'une perle de borax ou de sel de phosphore saturée d'oxyde de titane au chalumeau, doit l'aspect trouble qu'elle prend par refroidissement à de nombreux cristaux d'anatase de dimensions microscopiques.

BROOKITE.

TiO^2 $\qquad$ TiO^2

Gisements. — La brookite est, comme l'anatase, un minéral des gîtes métamorphiques. On la trouve aussi parfois sublimée dans les crevasses des roches volcaniques.

Méthodes de reproduction. — La brookite a été reproduite pour la première fois par M. Daubrée[4] par réaction mutuelle au rouge des vapeurs d'eau et de chlorure de titane; le produit forme de petites masses mamelonnées couvertes de cristaux microscopiques.

La brookite a encore été préparée par M. Daubrée[5] au moyen de la réaction au rouge du chlorure de titane sur la chaux.

M. Hautefeuille[6] a reproduit les diverses variétés de brookite en répétant les

1. *Pogg. Ann.*, 1849, t. LXXVIII, p. 401. — *C. R.*, t. XXIX, p. 505.— *Ann. Pharm.*, t. LXXIII, p. 347.
2. *C. R.*, 1864, t. LXII, p. 148. — *Ann. de phys. et chim.*, 4e série, t. IV, p. 129.
3. *Verh. nat. hist. Ver. preuss. Rheinl. u. Westph.*, 1867, p. 49
4. *C. R.*, 1849, t. XXIX, p. 227.
5. *C. R.*, 1854, t. XXXIX, p. 13.
6. *Loc. cit.*

expériences de M. Daubrée et les variant; voici les principaux essais de ce savant relatifs à cette substance.

Des échantillons de brookite identiques à ceux de l'Oural, s'obtiennent en opérant dans un tube chauffé à une température comprise entre les points d'ébullition du zinc et du cadmium. Une petite nacelle de platine est déposée dans ce tube; elle renferme du fluotitanate de potasse; on fait arriver du gaz chlorhydrique et de l'hydrogène d'abord sec, puis humide. L'opération dure quelques heures et fournit de gros prismes rhombiques bleus semblables à ceux de Miask, qui tapissent les parois du tube $e^{1}/_{3}e^{1}/_{3} = 99°45'$ à $99°54'$ (naturel $99°50'$), $e^{1}/_{3}b^{1}/_{3} = 134°$. Densité $= 4,1$. On observe une macle en gouttière avec angle rentrant de $109°$, souvent constatée dans la nature.

La réaction de la vapeur d'eau et de l'acide fluorhydrique sur le chlorure de titane donne de moins beaux échantillons.

La brookite des fumerolles volcaniques s'obtient en faisant réagir l'acide chlorhydrique sur un mélange d'acide titanique, de fluorine et de chlorure de potassium. L'opération se fait dans un gros tube vertical; la partie inférieure renfermant la nacelle est chauffée au rouge blanc; le haut n'atteint pas 1040°. On introduit par la partie supérieure l'hydrogène humide et par le bas de l'acide chlorhydrique mélangé de fluorure de silicium. Cette expérience est particulièrement instructive en ce sens qu'elle fournit l'acide titanique à ses trois états : rutile, brookite, anatase, de la partie la plus chaude à la plus froide. L'anatase n'est visible qu'au microscope.

On recueille de l'*arkansite* en prismes rhombiques striés, d'un noir éclatant, un peu fluorifères, en décomposant au rouge sombre par l'acide chlorhydrique un mélange d'acide titanique, de silice et de fluosilicate de potasse. Faces dominantes $b^{1}/_{3}, e^{1}/_{3}, h^{1}$. On a $e^{1}/_{3}e^{1}/_{3} = 100°$, $h^{1}b^{1}/_{3} = 132°25'$, $e^{1}/_{3}b^{1}/_{3} = 134°$.

En faisant passer un lent courant d'air et d'acide chlorhydrique sur un mélange de 1 partie d'acide titanique, 5 de silice et 12 de fluosilicate de potasse chauffés au rouge sombre dans un creuset de platine, on obtient des lamelles verdâtres de brookite qu'on isole par des traitements à l'eau et aux acides chlorhydrique et fluorhydrique. La forme cristalline et le poids spécifique 4,1 sont les mêmes que pour les échantillons de l'Oisans; $h^{1}e^{1} = 141°40'$, $h^{1}b^{1}/_{6} = 143°43'$, h^{1} est striée suivant la zone du prisme. Il se fait d'abord du rutile sur lequel viennent s'implanter des cristaux de brookite et ceux-ci portent souvent à leur tour de très petits octaèdres d'anatase.

En résumé il ressort du travail de M. Hautefeuille que :

1° L'acide chlorhydrique à très haute température transforme l'acide titanique amorphe en rutile;

2° Il en est de même de l'acide fluorhydrique;

3° Le même réactif à température plus basse donne naissance à la brookite;

4° Enfin l'acide fluorhydrique donne au rouge sombre de l'anatase.

PYROLUSITE.

MnO^2. *MnO^2*.

Gisement. — La pyrolusite est un minéral de filons concrétionnés ; on trouve aussi fréquemment des roches sédimentaires imprégnées de cette substance.

Méthodes de reproduction. — M. Al. Gorgeu[1] a fait cristalliser le bioxyde de manganèse en décomposant lentement l'azotate par la chaleur : 800 gr. de ce sel sont évaporés rapidement jusqu'à ce qu'il se produise des vapeurs rutilantes, en même temps qu'il commence à se déposer du bioxyde, ce qui a lieu à 155°. On décante alors la masse fluide dans une fiole que l'on remplit aux deux tiers et qu'on maintient pendant quelques jours à une température fixe de 160°. On recueille ainsi de très petits prismes noirs, opaques, identiques à la pyrolusite, surtout à la variété *polianite*. D = 5,08. Dureté 6,5.

PLATTNÉRITE.

PbO^2. *PbO^2*

Becquerel a fait cristalliser l'acide plombique sous forme de lamelles hexagonales, en fondant au contact de l'air de la litharge ou du minium avec de la potasse. On peut encore fondre de la litharge avec du chlorate de potasse.

ACIDE SÉLÉNIEUX.

SeO^2. *SeO^2*.

Nous mentionnons ici cette espèce seulement d'une manière très brève ; elle a été récemment signalée dans la nature en petites aiguilles implantées sur d'autres minéraux séléniés. (M. Em. Bertrand)[2].

Ces aiguilles sont sans doute identiques à celles que l'on prépare par sublimation dans les laboratoires. (Voir l'article *Sélénium*, t. II, 2e sect., 1er fascic., p. 206.)

TELLURITE.

TeO^2. *TeO^2*

On obtient des cristaux *d'acide tellureux* par fusion ou sublimation de l'acide amorphe ou encore en attaquant le tellure par l'acide nitrique ; la solution refroidie abandonne des octaèdres de formule TeO^2. (Voir l'article *Tellure*, t. II, 2e sect., 1er fascic., p. 231.)

1. *C. R.*, 1879, t. LXXXVIII, p. 796. — *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 122.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1882, t. V, p. 90.

TRIOXYDES

TUNGSTITE.

WO^3. *WO^3*.

Le produit naturel est une poudre amorphe provenant de la décomposition du wolfram et autres minerais tungstifères.

Dans les laboratoires, les divers procédés de préparation de l'acide tungstique (attaque du wolfram par l'acide chlorhydrique ou calcination du tungstate d'ammoniaque) fournissent cette substance à l'état amorphe.

M. Debray[1] a fait cristalliser l'acide tungstique pour la première fois en décomposant au rouge blanc, par le gaz chlorhydrique, un mélange de tungstate et de carbonate de soude. Si le courant gazeux est lent, l'acide tungstique cristallise dans la nacelle en petits prismes orthorhombiques souvent terminés par un octaèdre. L'emploi d'un courant plus rapide amène une sublimation apparente des cristaux, qui vont se déposer en prismes noirs plus gros dans la portion la moins chaude de l'appareil.

M. Debray a fait passer un courant d'acide chlorhydrique sur du wolfram chauffé au rouge, et a constaté la formation de plusieurs espèces cristallines; il se fait de la tungstite, de l'oligiste, de la magnétite, de la hausmannite en même temps qu'il se régénère du wolfram.

Nordenskjöld[2] a préparé des cristaux de tungstite par fusion de l'acide tungstique amorphe avec du borax; ce sont des prismes orthorhombiques $mm = 110^0$ (m, g^3, h^1, p, $e^{1/4}$).

MOLYBDITE.

MoO^3. *MoO^3*.

Ce corps se présente dans la nature comme le précédent sous forme d'enduits pulvérulents, formés aux dépens d'autres minéraux (molybdénite, wulfénite).

On sait que l'acide molybdique s'obtient en partie à l'état amorphe, en partie à l'état d'écailles cristallines, soit en grillant de la molybdénite ou du molybdène métallique, soit en attaquant ces substances par l'acide nitrique. Le meilleur moyen d'obtenir de beaux cristaux consiste à griller la molybdénite dans un courant d'air très-lent.

Nordenskjöld[3] a préparé, par fusion simple ou sublimation, de l'acide molybdique cristallisé en prismes orthorhombiques p, g^1, h^1, $a^3/_2$, a^2, a^3. Il a mesuré $p\ a^3 = 157^0 7'$, $p\ a^2 = 148^0 5'$, $p\ a^3/_2 = 140^0 3'$ et constaté l'isomorphisme du produit avec l'acide tungstique.

1. *C. R.*, 1862, t. LV, p. 289.
2. *Pogg. Ann.*, 1863, t. CXIV, p. 623.
3. *Pogg. Ann.*, 1861, t CXII, p. 160.

OXYDES HYDRATÉS.

SASSOLINE.

$BoO^3,3HO$ $Bo(HO)^3$.

L'acide borique s'obtient, comme l'on sait, à l'état cristallin lorsque l'on traite à chaud une solution de borax par un acide, et qu'on laisse refroidir. Pour avoir de beaux échantillons, il convient de redissoudre les cristaux à chaud et de laisser refroidir très lentement. On obtient ainsi des lamelles hexagonales, nacrées, douces au toucher et flexibles. Ces cristaux sont des prismes anorthiques aplatis suivant p; le contour des lamelles est constitué par les facettes m, t, g^1. Les plus belles s'obtiennent dans des liqueurs contenant un peu d'acide sulfurique libre ou encore des traces de substances grasses.

OPALE.

$SiO^2 + nHO$. $SiO^2 + nH^2O$.

Ce minéral colloïde, qui se présente dans la nature sous forme de produit secondaire dans les roches siliceuses, a été trouvé dans quelques matières de formation contemporaine. Il accompagne sous forme hyalitique la tridymite dans les dépôts des thermes de Plombières, d'après M. Daubrée[1], et dans des scories provenant d'une meule de blé incendiée examinée par M. Vélain[2].

Un grand nombre d'expériences ont été faites en vue d'obtenir ce minéral. Ebelmen[3] l'a préparé le premier en décomposant l'éther silicique par la chaleur ou par l'air humide. Le premier procédé donne de l'hydrophane, masse translucide de silice hydratée qui, plongée dans l'eau, devient transparente. Le second mode opératoire fournit un produit identique à l'opale, très apte à s'imprégner des matières colorantes que l'on a mélangées d'avance à l'éther silicique.

La plupart des savants qui se sont occupés de la synthèse de l'opale ont fait agir divers réactifs sur les silicates alcalins dissous dans l'eau. Becquerel[4] a traité le silicate de potasse par le gypse en fragments dans un vase imparfaitement bouché, et a obtenu une silice hydratée, grenue, plus dure que le verre. Le même auteur, en chauffant en tube scellé de la silice amorphe avec du silicate de potasse, a recueilli des lamelles biréfringentes de silice. En faisant agir lentement l'acide

1. *Géologie expérimentale*, 1879, p. 180.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, p. 113,
3. *C. R.*, 1845, t. XXI, p. 527, et 1847, t. XXVI, p. 854. — *L'Inst.*, 1845, p. 310 et 1847, p. 398. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXVI, p. 457. — *J. pr. Chem.*, t. XXXVII, p. 58. — *Pogg. Ann.*, t. LXVI, p. 457. — *Jahrb. f. Min.*, 1845, p. 832 et 1847, p. 570.
4. *C. R.*, 1853, t. XXXIV, p. 209. — *L'Inst.*, 1853, p. 41. — *J. pr. Chem.*, t. LIX, p. 7. — *Jahresb.*, 1853, p. 6.

chlorhydrique sur les mêmes silicates, au travers d'une cloison poreuse, il obtient des lamelles plus dures que le verre, semblables à de l'hydrophane[1].

M. Fremy[2] a institué une série d'expériences du même genre et décomposé les silicates alcalins au travers d'une cloison poreuse par les acides minéraux étendus. Il a préparé ainsi des dépôts grenus, cristallins, aussi durs que le quartz, mais attaquables par les alcalis en solution bouillante, et chimiquement constitués par une silice hydratée renfermant une petite quantité d'alcali.

A une époque antérieure, Maschke[3] avait étudié les produits de la décomposition du silicate de potasse en solution par l'acide carbonique et desséché lentement la silice gélatineuse qui prend naissance dans cette circonstance; il a comparé les propriétés de la masse desséchée avec celles de l'opale naturelle et obtenu des rapprochements satisfaisants.

Gergens[4], cherchant à reproduire la structure zonée des agates et les arborisations que l'on y remarque, a observé les phénomènes auxquels donne lieu l'introduction d'un fragment de sulfate de fer ou d'autres sels métalliques dans une solution de silicate de soude, et constaté la production de tubes capillaires ramifiés constitués par une croûte de silice impure.

Nous citerons encore les récentes recherches de M. Em. Monier[5]; une solution étendue d'acide oxalique est versée avec précaution à la surface d'une solution concentrée de silicate de soude. L'expérience abandonnée à elle-même donne une croûte de silice hydratée très dure, soluble dans les lessives alcalines bouillantes, de densité 1,97. Cette matière possède les propriétés de l'hydrophane.

La voie galvanique a encore été appliquée en vue de la reproduction du quartz et n'a donné que de l'opale. Cross[6] a soumis pendant des années de l'acide hydrofluosilicique ou du silicate de potasse au courant d'une très forte pile : il a vu se former des prismes hexaèdres bipyramidés, s'accroissant par couches successives et offrant tout à fait l'apparence et la densité du quartz. Mais l'examen chimique a fait voir qu'ils étaient constitués par une silice hydratée, soluble dans la potasse bouillante.

On ne connaît pas encore de reproduction des calcédoines, des agates, des silex, mélanges concrétionnés de quartz fibreux avec l'opale.

BRUCITE.

MgO,HO. *Mg(HO)*^{2}.

La reproduction accidentelle de l'hydrate de magnésie cristallisé a été signalée tout récemment par M. O. Luedecke[7] dans les incrustations d'une chaudière de la

1. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 1081.
2. *C. R.*, 1871, t. LXXII, p. 702.
3. *Zeits. d. deutsch. Geol. Ges.*, t. VII, p. 438. — *Jahrb. f. Min.*, 1856, p. 556. — *J. pr. Chem.*, t. LVIII, p. 233.
4. *Jahrb. für Min.*, 1858, p. 801.
5. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1053.
6. Neef, *Bericht der Naturforscher. Vers. in Jena.* 1836. — *Jahrb. f. Min.*, 1837, p. 248.
7. *Zeits. f. Kryst. und Min.*, 1883, t. VII, p. 502.

mine de l'Unité à Zwickau. Ce sont des tables hexagonales nacrées, d'un blanc jaunâtre, possédant toutes les propriétés de la brucite. Leurs dimensions atteignent quelques millimètres ; l'aplatissement a lieu suivant la base a^1, laquelle est circonscrite par le prisme e^2.

DIASPORE.

Al^2O^3,HO. *$Al^2H^2O^4$*.

Gisement. — Le diaspore est un minéral des filons concrétionnés et des gîtes métamorphiques.

Méthodes de reproduction. — De Sénarmont[1] a observé que, dans la préparation du corindon par chauffage en tube scellé à 250° d'une solution de chlorure d'aluminium, il se fait souvent de petits cristaux tabulaires offrant à plat la forme de rectangles avec angles tronqués ; on observe des extinctions parallèles aux arêtes des rectangles. L'angle $mm = 115°$ a pu être mesuré et est caractéristique du diaspore. Les cristaux sont attaquables par l'acide sulfurique, seulement après calcination ; leur composition répond à la formule Al^2O^3,HO.

Becquerel[2] a appliqué à la reproduction du diaspore une méthode fondée sur une réaction lente par voie humide : il fait agir mutuellement par l'intermédiaire d'un papier parchemin deux solutions, l'une d'aluminate de potasse, l'autre de sesquichlorure de chrome. On observe du côté du premier liquide la formation de petits mamelons avec des lamelles cristallines de composition Al^2O^3,HO. Ces cristaux sont moins durs que le verre, attaquables par l'acide sulfurique seulement après calcination, solubles dans les lessives alcalines. Leur forme est le prisme orthorhombique terminé par un pointement octaédrique ; ils agissent sur la lumière polarisée.

HYDRARGILLITE.

$Al^2O^3,3HO$. *$Al(HO)^3$*.

Ce minéral, qu'on appelle aussi *gibbsite*, se rencontre dans certains filons ou dans des gîtes métamorphiques ; on le trouve encore imprégnant des roches sédimentaires.

Il a été obtenu par Becquerel[3] sous forme de lamelles cristallines transparentes, par réaction lente au travers d'une cloison poreuse de deux solutions, l'une d'acide chlorhydrique, l'autre d'aluminate de potasse.

De Bonsdorf[4] a également préparé de petits cristaux de formule $Al^2O^3,3HO$ en laissant exposée à l'air une solution d'aluminate de potasse ; cette réaction est due la petite quantité d'acide carbonique renfermée dans l'air.

1. *C. R.*, 1850, t. XXXI, p. 762.
2. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 1081.
3. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 1081.
4. Würtz, *Dict. de chim. pure et appliquée*, article *Aluminium*.

URANOCRE.

$U^2O^5,2HO$. $U^2O^5,2H^2O$.

Ce composé ne se présente dans la nature qu'en enduits amorphes souillés de matières étrangères.

Ebelmen[1] l'a obtenu en abandonnant à l'air le dépôt qui se forme, par une longue exposition au soleil, au fond d'une solution d'oxalate d'urane.

M. Riban[2] a préparé des prismes hexagonaux réguliers, souvent tabulaires, transparents, d'un jaune verdâtre, répondant à la composition $U^2O^5,2HO$, par décomposition en tube scellé à 175° d'une solution d'acétate d'urane.

1. *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), t. V, p. 89.
2. *C. R.*, 1882, t. XCIII, p. 1183. — *Bull. Soc. Chem.*, t. XXXVIII, p. 156.

CHLORURES, BROMURES, IODURES, FLUORURES

SYLVINE.

KCl. *KCl.*

La sylvine est un minéral des fumerolles volcaniques ou encore des terrains salifères (Stassfürt).

On a trouvé dans plusieurs hauts-fourneaux du Harz des cristaux cubiques sublimés de chlorure de potassium.

Ce sel cristallise en cubes par fusion suivie de refroidissement; il est à peine besoin de rappeler qu'il s'obtient avec la plus grande facilité sous la même forme par voie humide. Les eaux mères des salines l'abandonnent souvent à cet état.

Lorsque la cristallisation a lieu dans un milieu alcalin, on recueille des cristaux octaédriques; ce fait a plusieurs fois été observé dans les savonneries.

SEL AMMONIAC.

AzH^4Cl. *AzH^4Cl.*

Ce sel se rencontre à l'état naturel dans les fumerolles volcaniques.

Il se présente encore comme produit des houillères embrasées.

Dans un cas comme dans l'autre, le sel ammoniac affecte la forme de dodécaèdres rhomboïdaux b^1 ou d'icositétraèdres a^2.

L'industrie livre, comme on sait, le sel ammoniac en masses fibreuses sublimées formées par l'accolement de dodécaèdres très allongés suivant un axe ternaire.

La voie humide appliquée au chlorhydrate d'ammoniaque donne rarement des cristaux bien nets, mais presque toujours des dendrites dont les formes sont familières à tous les chimistes.

Il y a lieu de signaler que de beaux cristaux isolés de sel ammoniac préparés par voie humide par M. von Foullon, et formés par des icositétraèdres a^2 déformés, ont présenté à M. G. Tschermak[1] le premier exemple connu d'hémiédrie holoaxe du système cubique. En effet, des stries couvrant les faces a^2, ainsi que l'étude des figures de corrosion, ont permis de reconnaître l'existence de l'hémihexoctaèdre plagièdre $(b^1/_5\ b^1/_7\ b^1/_8)$; les cristaux ne possédaient aucune polarisation rotatoire.

1. *Tschermak's miner. und petrogr. Mittheil.*, 1882, t. IV, p. 531.

SEL MARIN.

NaCl $NaCl$.

Gisement. — Il est à peine besoin de rappeler que le sel marin forme des masses intercalées dans l'argile à divers niveaux géologiques; il accompagne alors souvent le gypse et autres minéraux solubles. Il se trouve encore dans les fumerolles.

Méthodes de reproduction. — Des échantillons cristallisés de chlorure de sodium ont été rencontrés à l'état sublimé dans divers hauts-fourneaux[1]; citons ceux de Zorge, Rothchütte, Ilsenburg, Königshütte.

Par fusion ignée suivie d'un lent refroidissement, le chlorure de sodium cristallise en cubes avec clivages cubiques, identiques avec le sel gemme.

Tout le monde connaît la cristallisation du sel marin par voie humide; elle fournit des cubes d'autant plus parfaits et moins trémiés qu'elle a été plus lente. De beaux produits se rencontrent parfois dans les marais salants, les salines, etc.

Becquerel[2] a obtenu accidentellement en vue de préparer du chlorure de plomb, des cubes de chlorure de sodium d'une dimension exceptionnelle, en abandonnant à l'évaporation spontanée très lente une solution de chlorure de sodium et de sulfate de cuivre avec quelques fragments de galène.

Lorsque le dépôt de sel marin a lieu en solution alcaline, les faces de l'octaèdre apparaissent et peuvent même exister seules. Il en est de même en présence de l'hypochlorite de soude.

Knop[3] ayant abandonné à une évaporation très lente une solution de chlorure de sodium dans de l'urine, a obtenu des octaèdres réguliers transparents, avec indication des faces d'un hexoctaèdre. Les cristaux atteignaient $1^{cm},5$.

HIÉRATITE.

$KFl,SiFl^2$. $2KFl,SiFl^4 = K^2SiFl^6$.

Le fluosilicate de potasse a été tout récemment signalé par M. Alf. Cossa[4] dans des fumerolles. Rappelons que ce sel, peu soluble dans l'eau froide, se dissout dans l'eau chaude et cristallise par refroidissement sous forme de cubes ou d'octaèdres réguliers groupés en dendrites.

Le fluosilicate de potasse déposé par évaporation spontanée de sa dissolution forme des cubes microscopiques; ceux-ci sont caractéristiques de la potasse dans le procédé Boricky.

1. Rammelsberg, *Métallurgie*, p. 93.
2. *C. R.*, 1853, t. XXXIV, p. 29.
3. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXVII, p. 68. — *Zeitsch. Chem und Pharm.*, 1863, p. 739. — *Chem. Centr.*, 1863, p. 832. — *Jahresb.*, 1863, p. 179.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. V, p. 61.

FLUORINE

CaFl. *CaFl²*.

Gisements. — La fluorine ou *spath-fluor* est un minéral de filons concrétionnés.

Méthodes de reproduction. — Le fluorure de calcium obtenu par précipitation dans les laboratoires offre un aspect gélatineux; l'attaque du calcaire par l'acide fluorhydrique fournit une poudre grenue légère.

De Sénarmont[1] a fait cristalliser sous forme de petits cubo-octaèdres le fluorure de calcium gélatineux : il chauffait en tube scellé à 180° ce précipité avec de l'acide chlorhydrique ou bien encore avec une solution de bicarbonate de soude.

Becquerel[2] a obtenu des cristaux de fluorure de calcium en évaporant lentement une solution chlorhydrique de ce sel.

Une autre méthode employée par le même auteur consiste à faire lentement réagir à travers une feuille de papier parchemin ou de collodion, deux solutions, l'une de fluorure d'ammonium, l'autre de chlorure de calcium. La fluorine apparaît du côté de cette dernière en cubes ou lamelles incolores atteignant plusieurs centimètres.

MM. Scheerer et Drechsel[3] ont préparé de la fluorine en cristaux octaédriques par fusion du fluorure amorphe avec un excès de chlorure de sodium, de potassium ou de calcium ; la fusion doit être suivie d'un très lent refroidissement.

Les mêmes expérimentateurs ont encore obtenu de la fluorine cubo-octaédrique, en chauffant à 240°, dans un tube scellé, le fluorure amorphe avec de l'acide chlorhydrique, du fluosilicate de chaux ou du chlorure de calcium étendu.

BISCHOFITE.

MgCl + 6HO. $MgCl^2 + 6H^2O$.

Le chlorure de magnésium hydraté cristallise par voie humide, dans les laboratoires, en prismes très déliquescents.

CARNALLITE.

KCl, 2MgCl + 6HO. $KCl, MgCl^2 + 6H^2O$.

La carnallite est un minéral des gîtes salifères de Stassfürt. Des dépôts cristallins ayant la composition et la forme orthorhombique de la carnallite se rencontrent dans les marais salants (Liebig)[4] ou s'obtiennent par évaporation d'une solution

1. *Ann. de phys. et chim.*, 1850, t. XXX, p. 129.
2. *C. R.*, 1874, t. LXXVIII, p. 1081.
3. *J. f. pr. Chem.* (2), t. VII, p. 63.
4. *Karsten's Archiv*, t. IX, p 316.

renfermant les deux chlorures de potassium et de magnésium (M. Rammelsberg[1]).

M. de Marignac a de même obtenu le *chlorure ammoniaco-magnésien* $AzH^4Cl,2MgCl + 6HO$ en octaèdres rhombiques isomorphes avec la carnallite.

SELLAITE.

MgFl. *MgFl²*.

Ce minéral a été artificiellement reproduit par M. Alf. Cossa[2] par fusion du fluorure amorphe au rouge soit seul, soit avec un excès de fluorure alcalin. On recueille des prismes quadratiques phosphorescents, identiques avec la sellaïte naturelle et présentant les faces $b^1/_2 m^1/_2 h^1 h^2$ $a^1/_4$ $a^1/_2$; macle $b^1/_2$; on a $mb^1/_2 = 123°30'$; D = 2,856.

M. Cossa a en vain essayé d'appliquer à la sellaïte la méthode qui avait donné à de Sénarmont la fluorine.

PROTOCHLORURE DE FER.

FeCl. *FeCl²*.

Ce composé se trouve à l'état naturel dans les fers météoriques; on le prépare dans les laboratoires par divers procédés, en lamelles hexagonales micacées, uniaxes (de Sénarmont).

ÉRYTHROSIDÉRITE.

$2KCl,Fe^2Cl^3 + HO$. $K^2FeCl^5 + H^2O$.

Ce composé s'obtient en beaux cristaux cubiques rouges, par mélange de solutions des deux sels composants; il se décompose dans l'eau pure. On connaît un composé ammonique correspondant. Le mélange isomorphe de ces deux substances constitue la *krémersite*.

COTUNNITE.

PbCl. *PbCl²*.

La cotunnite est un minéral secondaire des filons.

Le chlorure de plomb est, comme l'on sait, peu soluble dans l'eau froide, beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante, qui l'abandonne sous forme de fines aiguilles ou bien de tables hexagonales blanches à éclat soyeux.

Les plus beaux échantillons se préparent par évaporation lente d'une solution chlorhydrique ou nitrique. Ils offrent alors la combinaison $b^1/_2$, $b^1/_4$, p, m, $a^1/_4$, h^1;

1. *Jahresber.*, 1855, p. 344.

2. A. Cossa, *Ricerche chimiche e mineralogiche sopra roccie e minerali d'Italia*, Torino, V. Bona, 1881, p. 83.

souvent ils sont aciculaires par suite de la prédominance des faces $b^{1}/_{2}$, $b^{1}/_{4}$, p. Clivage p. D = 5,802.

Becquerel[1] a obtenu par voie électro-chimique de beaux cristaux de chlorure de plomb. Il abandonnait pendant sept ans une solution de chlorure de sodium et de sulfate de cuivre avec des fragments de galène : des aiguilles légèrement jaunâtres prennent naissance. Dans une autre expérience où la galène avait été entourée de fil de platine, la cotunnite formait des prismes raccourcis.

NANTOCKITE.

$Cu^{2}Cl$. $Cu^{2}Cl^{2}$.

Le chlorure cuivreux s'obtient dans les laboratoires à l'état cristallisé par divers procédés. On sait qu'il forme des octaèdres ou tétraèdres réguliers insolubles dans l'eau. Les cristaux s'obtiennent par refroidissement ou dilution d'une solution chlorhydrique. De beaux échantillons se préparent en faisant passer un courant d'acide sulfureux dans une solution concentrée de chlorure cuivrique.

D'après M. Böttger[2], par l'électrolyse d'une solution de chlorure cuivrique avec des électrodes de cuivre, on recueille au pôle positif des tétraèdres incolores, adamantins, de protochlorure de cuivre.

CALOMEL.

$Hg^{2}Cl$. $Hg^{2}Cl^{2}$

Le calomel naturel est un produit secondaire des filons.

Nous renvoyons à l'article *Mercure* de cet ouvrage pour l'exposé des procédés de préparation du chlorure mercureux.

On a trouvé de beaux cristaux de calomel dans une mine de Hongrie[3] où l'on grillait avec du sel marin une panabase riche en mercure.

La sublimation ménagée du calomel donne naissance à des cristaux parfois très beaux, formés des faces $b^{1}/_{2}$, h^{1}, m, p, rarement a^{1}. Les macles en croix sont fréquentes ; clivage $b^{1}/_{2}$. Les cristaux sont transparents, leur éclat est adamantin, leur double réfraction énorme. D = 7.

KÉRARGYRE.

AgCl. *AgCl*.

Le kérargyre est un minéral secondaire des filons argentifères.

Le chlorure d'argent se dissout, comme on sait, dans l'ammoniaque, et la dissolution, abandonnée à l'évaporation dans l'obscurité, fournit de magnifiques octaèdres incolores, transparents, doués d'un éclat adamantin (M. Damour).

1. *C. R.*, 1852, t. XXXIV, p. 29. — *L'Inst.*, 1852, p. 27. — *J. pr. Chem.*, t. LV, p. 337. — *Ann. Chem., Pharm.*, t. LXXXIV, p. 199. — *Pharm. Centr.*, 1852, p. 150.
2. *J. f. pr. Chem.* (2), t. II, p. 135.
3. *Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanst.*, t. III, p. 148.

On peut encore[1] dissoudre à chaud le chlorure d'argent dans une solution de nitrate ou de sulfate mercurique; cette solution, additionnée d'eau avec précaution ou lentement refroidie, laisse déposer des cristaux brillants d'un blanc jaunâtre. (M. Debray).

M. Kuhlmann[2] a reproduit la texture irrégulière et l'aspect mamelonné du kérargyre naturel, en faisant communiquer par une très étroite ouverture deux solutions, l'une de nitrate d'argent, l'autre de chlorure de sodium.

Becquerel[3] a obtenu des cubo-octaèdres de chlorure d'argent en chauffant longtemps en tube scellé, à 100° ou 150°, une lame d'argent avec de l'acide chlorhydrique.

MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray ont fait cristalliser le chlorure d'argent amorphe en l'exposant à des alternatives répétées de chaud et de froid en présence d'acide chlorhydrique.

HUANTAJAYITE.

[Ag,Na]Cl. *[Ag,Na]Cl.*

Le chlorure d'argent se dissout très sensiblement dans une solution chaude de sel marin ; la liqueur, lentement refroidie, abandonne de petits cubes ou cubo-octaèdres constitués par un mélange isomorphe de chlorures de sodium et d'argent. Ces cristaux sont décomposés par l'eau, comme l'huantajayite naturelle.

BROMARGYRE.

AgBr. *AgBr.*

Ce corps a été préparé par M. Becquerel[4] par la même méthode que le chlorure, (attaque de l'argent métallique en tube scellé par l'acide bromhydrique).

On peut encore obtenir le bromure d'argent cristallisé par évaporation lente de sa solution ammoniacale et surtout de sa solution dans l'acide bromhydrique. Le bromure d'argent cristallise encore au sein du nitrate mercurique comme le chlorure.

On pourrait, par ces procédés, préparer des mélanges isomorphes de chlorure et de bromure identiques avec l'*embolite* naturelle Ag(Cl,Br).

ODARGYRE OU IODITE.

AgI. *AgI.*

L'iodure d'argent est un minéral des filons.

Il s'obtient en tables hexagonales identiques à celles de la nature par dissolution

1. *Ann. Chem. Pharm.*, t. XLI, p. 317. — *C. R.*, t. LXX, p. 995.
2. *C. R.*, 1856, t. XLII, p. 374. — *L'Inst.*, 1856, p. 88. — *Chem. Centr.*, 1856, p. 299.
3. *C. R.*, 1862, t. XLIV, p. 938.
4. *L. C.*

de l'iodure précipité dans l'acide iodhydrique ou dans le nitrate mercurique (M. Debray [1]).

L'iodure d'argent présente des propriétés physiques très curieuses; M. Fizeau [2] a montré que ses cristaux se contractent par élévation de température; tout récemment MM. O. Lehmann [3], Mallard et Le Châtelier [4] ont observé que l'iodure d'argent hexagonal devient subitement cubique au-dessus de 146°, avec absorption de chaleur; cette modification n'est d'ailleurs que temporaire.

1. *C. R.*, t. XLII, p. 394, et t. LXX, p. 995.
2. *C. R.*, 1867.
3. *Zeits. f. Kryst. u. Min.*, 1877, t. I, p. 492.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 181

OXYCHLORURES

MATLOCKITE.

PbCl,PbO. *(PbCl)²O.*

Becquerel[1] a constaté que, dans les expériences relatives à la reproduction de la cotunnite, il se forme aussi des cristaux d'apparence cubique ayant la composition de la matlockite, minéral quadratique.

L'auteur ne donne pas d'autres indications sur ce produit, dont la détermination demeure douteuse.

ATACAMITE.

CuCl,3CuO + 6HO. *Cu²Cl(HO)³.*

Gisements. — L'atacamite est un minéral secondaire des filons; on le trouve aussi en amas formés par concrétion ou bien à l'état d'infiltration dans des roches sédimentaires. On le rencontre encore dans les fumerolles volcaniques.

Reproductions accidentelles. — Field[2] a observé la production accidentelle d'un oxychlorure de cuivre cristallisé sur une échelle gigantesque. Huit tonnes de cette substance s'étaient déposées avec oxyde de cuivre, oxychlorure anhydre et sulfate basique (brochantite ?) dans un canal conduisant à la mer les résidus d'une usine à cuivre.

Le produit, d'après l'auteur, était moins hydraté que l'atacamite, soit :

CuCl,3CuO + 4HO.

M. Daubrée[3] a constaté la formation d'un dépôt concrétionné d'atacamite sur un tuyau de bronze trouvé près des sources thermales de Bourbonne-les-Bains.

Méthodes de reproduction. — Lorsqu'on fait digérer du chlorure cuivrique avec de l'hydrate en présence d'un peu d'alcali, il se fait un précipité ayant la compo-

1. *L. C.*
2. *J. pr. Chem.*, 1859, t. LXXVI, p. 255.
3. *C. R.*, 1875, t. LXXXI. p. 182.

sition de l'atacamite (Proust). De même, en chauffant un sel de cuivre avec de l'hypochlorite de chaux, on obtient un précipité de formule :

$$CuCl,3CuO + 4HO \quad \text{ou} \quad CuCl,3CuO + 6HO,$$

suivant la durée de l'opération.

L'atacamite cristallisée a été reproduite pour la première fois par M. H. Debray[1] : il chauffait en vase clos pendant plusieurs heures, à 200°, du sous-nitrate de cuivre avec une solution concentrée de chlorure de sodium ou de potassium. Les autres sels de cuivre ne peuvent remplacer le sous-nitrate dans cette préparation. Le chlorure d'ammonium ne peut être employé.

Le même auteur a encore préparé l'atacamite en chauffant à 100° du sulfate de cuivre ammoniacal avec une solution concentrée de chlorure de sodium ou de potassium.

L'atacamite a été aussi obtenue en beaux cristaux mesurables par M. Friedel[2]; il chauffait en vase clos, à 250°, de l'oxyde cuivreux avec une solution de perchlorure de fer. Il se forme ainsi des prismes orthorhombiques $a^1\ a^1$ (adjacent) $= 105°\ 34'$, offrant toutes les propriétés de l'atacamite naturelle.

1. *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, t. VII, p. 104. — *Zeitsch. f. anal. Chem.*, 1867, p. 378.
2. *C. R.*, 1873, t. LXXVII, p. 211.

PHOSPHURES

RHABDITE.

Fe^7Ph. Fe^7Ph^2.

Gisement. — La rhabdite a été rencontrée par G. Rose, seulement dans la météorite de Braunau (Bohême).

Reproductions accidentelles. — M. Er. Mallard[1] a retrouvé la rhabdite en nodules cristallins sphériques atteignant parfois la grosseur du poing dans les produits de la combustion spontanée des houillères de Commentry. Le phosphure de fer est, dans ce gisement, intimement associé à l'augite et à l'anorthite, tout à fait à la façon des météorites (par exemple, dans celle de Juvinas).

L'oxydation lente des cristaux de rhabdite donne lieu à la formation de vivianite. Le phosphure de fer forme des prismes quadratiques m, h^1, a^1. On a $m\ a^1 = 108°4'$; $a^1\ a^1$ (adjacent) $= 143°42'$.

Méthodes de reproduction. — M. Sidot[2], en faisant passer des vapeurs de phosphore sur du fil d'archal chauffé au rouge, a préparé des cristaux quadratiques d'un blanc bleuâtre, très magnétiques ; ces prismes, durs comme l'acier, présentent la composition de la rhabdite Fe^7Ph.

M. Sidot[3] a encore obtenu un phosphure de fer amorphe en réduisant une solution de sulfate ferreux par un bâton de phosphore ; l'opération peut se faire soit à froid, soit à 100°. En reprenant le phosphure et le calcinant au rouge dans la vapeur de phosphore ou dans un gaz inerte, on obtient un agrégat de cristaux semblables à la rhabdite.

De même, M. Garnier[4] a préparé un *phosphure de nickel* Ni^5Ph en faisant passer de la vapeur de phosphore sur du nickel chauffé au rouge. Le produit forme de longs prismes bleu d'acier rectangulaires, striés, terminés par la base.

On trouvera à l'article *Fer* beaucoup d'autres exemples de phosphures de fer; il ne semble pas que le fer et le phosphore se combinent en proportions définies.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1880, t. IV, p. 230.
2. *C. R.*, 1872, t. LXXIV, p. 1425.
3. *C. R.*, 1877, t. LXXXIV, p. 1454.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 17.

SCHREIBERSITE.

$Ni^2Fe^4Ph.$ *$NiFe^2Ph.$*

C'est, comme la rhabdite, un minéral propre aux météorites.

M. Faye[1] l'a reproduit sous forme de lamelles très magnétiques, inattaquables à l'acide chlorhydrique, en fondant au creuset brasqué un mélange d'oxydes de fer et de nickel avec du pyrophosphate de soude et de la silice.

En reprenant le tout par l'acide chlorhydrique, on recueille un culot métallique hérissé de lamelles brillantes de schreibersite.

1. *C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 304.

SILICATES

ORTHOSILICATES

PÉRIDOT.

$2MO,SiO^3$. M^2SiO^4.

Gisement. — Ce minéral, qu'on appelle encore du nom d'*olivine*, ne se rencontre qu'exceptionnellement dans certains filons des terrains anciens ou dans certaines roches gneissiques ; il forme normalement une partie intégrante et caractéristique des roches éruptives basiques (mélaphyres, lherzolites, basaltes) ainsi que des météorites.

Reproductions accidentelles. — La présence du péridot dans les scories des hauts-fourneaux, des fours d'affinage, des fours à puddler, etc., a été signalée depuis longtemps et cette production est si abondante et si générale qu'il nous est impossible de citer les noms de toutes les usines qui ont donné naissance à des cristaux de cette importante combinaison.

Nous nous bornerons à dire que les plus anciennes observations sont celles de Mitscherlich[1] sur des scories d'Osterberg, de Kamonionna (Pologne) et de Nöggerath[2], et qu'elles ont été confirmées par un grand nombre d'autres.

Les principales provenances sont : l'usine de Sayner à Mühlhofen, d'après von Dechen[3]; Iberg (Harz); Gleiwitz d'après Hausmann ; Rothehütte, Rübeland, Slatoust (Oural)[4], Dillingen près Saarlouis, d'après Bothe[4], l'usine de Juresen d'après Sokolow[5], Dax d'après Walchner; les fours à cuivre de Lautenthal, d'Ocker, de Dillenburg, de Röra (Norvège) et de Fahlun.

Un grand nombre d'analyses ont été faites par Sokolow.

Le péridot des scories est généralement très ferrugineux ; c'est presque toujours de la *fayalite* 2FeO,SiO et rarement de l'olivine, $2(Mg,Fe)O,SiO^2$. Il se présente

1. *Abhandl. Acad. Wiss.*, Berlin, 1823.
2. *Jahrb. f. Min.*, 1844, p. 225.
3. *Niederrh. Ges. f. Naturkunde*, 1858. — *Jahrb. f. Min.*, 1859, p. 288.
4. *J. pr. Chem.*, t. LXXVIII, p. 222. — *Jahresb*, 1859, p. 153.
5. Erman, *Archiv f. wiss. kunde v. Russland*, t. XIX, p. 126.

avec un éclat vitreux parfois métallique, une couleur variant du vert foncé au brun ou au noir; les faces sont souvent arrondies ou trémiées, et les angles émoussés. Le magnétisme est sensible; la densité voisine de 3,8; la dureté 6. Clivages p facile, h^1 g^1. Faces observées, p, g, h^1, m, e^1, $e\,^1/_2$, $b\,^1/_2$. Angles très voisins de ceux du péridot naturel.

M. Stelzner[1] a observé des scories formées de fayalite et de gahnite dans une usine à plomb de Freiberg.

M. Laspeyres[2] a signalé des cristaux d'un péridot ferro-manganésien ou *knébélite* de composition $3FeO,MnO,2SiO^2$ dans l'usine de Milspe, près Schwelm (Westphalie), où l'on affinait de l'acier au moyen du spiegel. Les cristaux sont tabulaires suivant h^1, avec les faces m $e\,^1/_2$.

Méthodes de reproduction. — Berthier[3], en 1823, a reproduit le péridot par fusion purement ignée de ses éléments.

Ebelmen[4] a appliqué au péridot les méthodes dont il s'est servi pour l'obtention d'autres produits cristallins. La fusion des éléments de l'olivine, 4gr,5 de silice et 6 grammes de magnésie avec 6 grammes d'acide borique, suivie d'un traitement à l'acide chlorhydrique étendu froid, lui a fourni de beaux cristaux jaunâtres de péridot non ferrugineux (*chrysolite*) où se remarquent les faces g^1 g^3 e^1, dont les angles ont pu être mesurés et se sont trouvés conformes à ceux des produits naturels; $D = 3,27$.

Les mêmes cristaux se sont formés dans une expérience[5] où l'acide borique avait été remplacé par la potasse.

Si, dans ces expériences, on introduit plus de silice qu'il n'en faut pour la formule $2MgO,SiO^2$, on obtient simultanément des cristaux de pyroxène magnésien MgO,SiO^2 avec le péridot.

M. Hautefeuille[6] a reproduit le péridot en fondant ses éléments avec un excès de chlorure de magnésium.

M. Daubrée[7], en fondant dans un creuset de charbon une météorite chondritique, a obtenu un mélange d'olivine, d'enstatite et de fer en grenailles.

M. Lechartier[8] s'est servi comme fondant du chlorure calcique dans un creuset de charbon et a obtenu des péridots les uns purement magnésiens (*forstérite*), $D = 3,19$, les autres un peu ferrugineux (*olivine*); $D = 3,22$. La fusion étant poussée pendant deux heures à haute température, le produit se présente en belles lamelles aplaties suivant g^1 et bordées par p, a^1, h^1. On y remarque des inclusions de pléonaste et de fer oligiste.

MM. Fouqué et Michel-Lévy[9] ont montré qu'en recuisant au rouge blanc les élé-

1. *Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, 1882, t. I, p. 170.
2. *Zeitschr. f. Kryst. u. Min.*, 1883, t. VII, p. 494.
3. *Ann. de phys. et chim.*, 1823, t. XXIV, p. 374. *Essai sur la fusibilité des silicates.*
4. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 330 et 713. — *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXXIII, p. 51. — *J. pr. Chem.*, t. LIV, p. 143. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 205. — *L'Inst.*, 1851, p. 73 et 180.
5. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 710, et t. XXXIII, p. 525. — *J. pr. Chem.*, t. LV, p. 342. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 211.
6. *C. R.*, 1865, t. LIX, p. 734. — *Ann. de phys. et de chim.*, 4e série, t. IV, p. 174.
7. *C. R.*, 1866, t. LXII, p. 200.
8. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 41.
9. *C. R.*, 1881, LXCII, p. 367. — *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 275.

ments fondus des basaltes ou des météorites, il se produit des cristaux de péridot, toujours dans le premier temps de consolidation. Le péridot du basalte artificiel ainsi obtenu, identique à celui des roches similaires de la nature, se présente avec les formes g^1 p h^1 a^1 ; celui des météorites artificielles forme des grains irréguliers.

M. Stanislas Meunier [1], par réaction des vapeurs d'eau et de chlorure de silicium sur le magnésium au rouge, a préparé des grains de péridot à contours irréguliers associés à du bisilicate de magnésie cristallisé, à la silice, à la magnésie libre ainsi qu'au chlorure et au siliciure de magnésium.

TÉPHROITE.

$2MnO,SiO^2$. Mn^2SiO^4.

Cette substance, qui n'est autre que le péridot purement manganésien, est un minéral de filons.

Elle a été reproduite en 1823, par Berthier [2], au moyen de la fusion ignée des éléments.

M. L. Bourgeois [3] a répété l'expérience précédente et obtenu des prismes orthorhombiques de téphroïte, analogues au péridot ; en opérant avec un excès de silice, il a constaté qu'il se forme des associations de téphroïte avec la rhodonite et la hausmannite. Par fusion du silicate de manganèse avec un excès de chlorure de manganèse, il a constaté la formation de la téphroïte en lamelles rhombiques gris rougeâtre, souvent arborisées ; celles-ci sont associées à de la rhodonite et de la hausmannite. (Voir *Rhodonite*.)

M. Al. Gorgeu [4] a fait passer un courant de vapeur d'eau diluée dans l'acide carbonique ou l'hydrogène sur un mélange de 10 parties de chlorure manganeux et une de silice ; la réaction a lieu au rouge cerise et donne naissance d'abord à des cristaux roses de rhodonite MnO,SiO^2, puis à de beaux cristaux gris doués d'un éclat adamantin, identiques à la téphroïte $2MnO,SiO^2$. $D = 4,08$. Dureté 5.

La même réaction a lieu, quoique plus lentement, en présence de chlorures alcalins ; l'introduction d'autres chlorures ne change pas sensiblement la composition de la téphroïte obtenue. La présence d'une atmosphère oxydante donne naissance à de la hausmannite.

M. Le Châtelier [5] a constaté la présence de l'*orthosilicate de chaux* $2CaO,SiO^2$ ou Ca^2SiO^4 dans les ciments portland. Il a reproduit cette espèce en prismes orthorhombiques par la méthode de M. Lechartier.

1. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 737.
2. *Ann. de phys. et de chim.*, 1823, t. XXIV, p. 374. — *Essai sur la fusibilité des silicates.*
3. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 64. — *Ann. de phys. et de chim.*, 5 série, t. XIX, et *thèse*.
4. *C. R.*, 1883, t. XCVII, p. 321.
5. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 867.

MM. Hautefeuille et Margottet[1] ont préparé un *péridot lithique* $2LiO,SiO^2$ ou Li^4SiO^4 par fusion des éléments dans le chlorure de lithium, et obtenu ce composé en prismes orthorhombiques de 119°, offrant un aspect pseudohexagonal et terminés par un dôme.

WILLÉMITE.

$2ZnO,SiO^2$. Zn^2SiO^4.

Gisements. — Ce minéral se rencontre avec smithsonite et calamine à la Vieille-Montagne ; on le trouve aussi avec zincite et franklinite dans certaines roches métamorphiques.

Reproduction accidentelle. — MM. Schulze et Stelzner[2] ont constaté la présence de ce corps accompagnant la tridymite et la gahnite sur les parois de certains moufles silésiens. Elle forme de très petits prismes hexagonaux *m p*, jaunâtres ou brun violacé.

Méthodes de reproduction. — Ebelmen[3], en employant l'acide borique comme fondant par rapport à un mélange de silice et d'oxyde zincique, a obtenu un silicate différent de la willémite.

La reproduction de la willémite a été effectuée par H. Sainte-Claire Deville : il faisait réagir au rouge-cerise clair des vapeurs de fluorure de silicium et d'acide fluorhydrique sur le zinc ou mieux sur son oxyde, ou inversement le fluorure de zinc sur la silice. Le résultat de l'opération forme des prismes hexagonaux réguliers, incolores, identiques à la willémite. Une petite quantité de fluorure de silicium suffit à changer en willémite une grande masse d'oxyde de zinc et de silice.

H. Sainte-Claire Deville a constaté de plus que le chlorure de silicium ne peut donner de willémite en réagissant sur l'oxyde de zinc, comme l'avait pensé M. Daubrée. La willémite même se détruit dans ces conditions.

ZIRCON.

ZrO^2,SiO^2. $ZrSiO^4$.

Gisements. — Le zircon se présente dans les roches métamorphiques (gneiss amphiboliques, micaschistes, phyllades, cipolins), dans les roches éruptives granitoïdes (granulites, pegmatites, syénite éléolithique). Il forme fréquemment des inclusions microscopiques dans le mica noir des roches granitiques. Enfin on le trouve disséminé dans les roches volcaniques, mais il semble qu'il ait été arraché par ces dernières à d'autres gisements.

1. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 626. — *Bull. Soc. min.*, t. IV, p. 241.
2. *Neues Jahrb.*, 1881, t. I, p. 120.
3. *C. R.*, 1861, t. LVII, p. 1304.
4. *C. R.*, t. XXXIX, p. 135.—*L'Inst.*, 1853, p. 241.— *J. pr. Chem.*, t. LXIII, p. 1. — *Phil. mag* (4), t. IX, p. 315.

Méthodes de reproduction. — H. Sainte-Claire Deville et Caron [1] ont obtenu des cristaux de zircon par réaction au rouge du fluorure de silicium sur la zircone, ou réciproquement du fluorure de zirconium sur la silice. On recueille des octaèdres quadratiques ayant la forme de ceux de la Somma. On a $b^1/_2\ b^1/_2 = 123°20'$. Ces cristaux possèdent toutes les propriétés de l'espèce naturelle ; ils ne peuvent être attaqués que par le bisulfate de potasse fondu.

On peut donner une forme très saisissante à ces expériences en disposant dans un tube de porcelaine chauffé au rouge des couches alternatives de zircone et de silice, et faisant passer du fluorure de silicium en vapeurs. Une petite quantité de cet agent suffit pour minéraliser une grande masse de silice et de zircone amorphes, lesquelles se transforment en zircon.

Le chlorure de silicium ne peut, dans ces expériences, d'après Sainte-Claire Deville, remplacer le fluorure. Cependant, MM. Daubrée, Troost et Hautefeuille ont obtenu du zircon par réaction au rouge du chlorure de silicium sur la zircone.

BISILICATES

ENSTATITE.

MgO,SiO^2. *$MgSiO^3$*.

Gisements. — Ce minéral se rencontre dans certaines roches éruptives comme la lherzolite, la dunite, les nodules à olivine des basaltes, ainsi que dans beaucoup de météorites. Il apparaît quelquefois dans les roches métamorphiques.

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée [2] a obtenu de beaux cristaux d'enstatite par fusion de roches magnésiennes, ou de météorites, de mélanges d'olivine et de silice à équivalents égaux ; ou bien encore par oxydation simultanée au rouge vif du silicium, du magnésium et du fer.

La distinction de l'enstatite orthorhombique et du pyroxène purement magnésien clinorhombique, lesquels présentent la même composition, est assez délicate. Les propriétés optiques des produits obtenus par MM. Hautefeuille et Stanislas Meunier sont plutôt celles du pyroxène que de l'enstatite ; nous en parlerons à l'article *Pyroxène magnésien*.

MM. Fouqué et Michel-Lévy [3] ont, dans leurs expériences de fusion ignée suivie de recuit, reproduit l'enstatite associée à d'autres silicates, et formé ainsi des roches identiques aux lherzolites et à certaines météorites. L'enstatite se distingue du pyroxène magnésien, espèce dimorphe, par l'absence constante de macles, par ses sections souvent rectangulaires et par ses extinctions longitudinales, parallèles aux clivages.

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 625, 1858, t. XLVI, p. 764, et 1861, t. LII, p. 780. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 222, et CXX, p. 176. — *J. pr. Chem.*, t. LIII, p. 123.
2. *C. R.*, 1866, t. LXII, p. 200 et 669.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1881, p. 279.

HYPERSTHÈNE.

(Fe,Mg)O,SiO^2. *(Fe,Mg)SiO^3.*

On a rapporté certaines scories cristallines à cette espèce. Hausmann[1] a signalé parmi les scories de ce genre un produit qui s'était formé dans une usine à cuivre de Fahlun. Masses lamellaires et rayonnées, clivages faisant un angle de 92°. Les cristaux sont brun noirâtre et opaques. D = 3,53.

Analyse :

SiO^2	44,72
Al^2O^3	4,39
FeO	44,88
CuO	3, 5
MgO	1, 2
	98,69

MM. Fouqué et Michel-Lévy ont obtenu dans des culots magnésiens, très chargés de fer et de silice, des cristaux assez semblables à l'enstatite, mais légèrement polychroïques et à clivages très rapprochés. Un excès de silice est nécessaire, sans quoi le fer s'isole à l'état de magnétite ou d'oligiste.

Nous citerons encore, pour compléter la série des bisilicates orthorhombiques, un produit préparé par MM. Hautefeuille et Margottet[2] ; c'est le *bisilicate de lithine* LiO,SiO^2 ou *Li^2SiO^3*. Ce corps forme des prismes rhombiques pseudohexagonaux, très allongés, souvent terminés par un dôme *mm* = 120°30′. Il s'obtient par fusion des éléments dans le chlorure de lithium en excès.

WOLLASTONITE.

CaO,SiO^2. *$CaSiO^3$.*

Gisements. — Ce minéral se rencontre tantôt en filons, tantôt dans des roches métamorphiques, tantôt en nodules dans des laves avec grenat mélanite et pyroxène fassaïte.

Reproductions accidentelles. — On a rapporté à la wollastonite[3] des cristaux trouvés dans les scories des hauts-fourneaux ; par exemple à Jennbach (Tyrol), Olsberg (Westphalie), Tannendorf, près Culmbach, Gammelbola (Westmoreland), ceux-ci atteignent un centimètre et se groupent en masses étoilées ou radiées ; les individus sont transparents avec éclat vitreux, leur dureté est égale à 6, leur densité 2,85 à 3,15.

1. *Abhandlungen der k. Ges. Wiss. Göttingen*, t. IV, p. 254.
2. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 686. — *Bull. Soc. Min.* 1881, t. IV, p. 241.
3. Gurlt. *d. pyrogen. künst. Min.*, p. 69

Mais il est extrêmement probable qu'on a affaire au diopside : en effet l'analyse des échantillons de Gammelbola donne SiO^2,54,69; Al^2O^3,1,53; CaO,23,56; MgO,15,37; MnO,1,66; FeO,0,07; NaO,1,93; KO,1,25. La teneur en magnésie est, comme on le voit, considérable.

La forme cristalline est celle du pyroxène, les faces observées sont $m\ d\ ^1/_2$; on a $d\ ^1/_2\ d\ ^1/_2 = 131^o$, $mm = 87^o$. Les cristaux de Gammelbola offrent en outre le prisme h^3 rappelant celui de l'amphibole ($h^3 h^3 = 124^o$), clivage m.

Tous ces caractères sont ceux du pyroxène et non de la wollastonite.

M. Vélain [2] a observé dans les scories provenant de l'incendie de meules de blé, de petits cristaux très polarisants qu'il a rapportés à la wollastonite.

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée [1], en faisant réagir au rouge le chlorure de silicium sur la chaux, a constaté la formation de quartz et de wollastonite; cette dernière forme des tables rhombiques à deux clivages, souvent maclées. Des observations ultérieures de H. Sainte-Claire Deville ont amené des résultats différents. D'après ce dernier, la wollastonite se détruit dans le chlorure de silicium.

M. Daubrée a encore obtenu des aiguilles de wollastonite avec quartz, en chauffant à 325° de l'eau dans des tubes de verre.

M. Lechartier [2], par fusion de la silice et de la chaux avec du chlorure de calcium, a vu se former des lamelles rectangulaires allongées à éclat nacré, avec extinctions longitudinales possédant la composition de la wollastonite.

M. L. Bourgeois [3] a préparé un culot cristallin de bisilicate de chaux par fusion simple de ses éléments suivie de recuit au rouge cerise. On obtient ainsi des sections rectangulaires juxtaposées, à extinctions presque longitudinales; les teintes de polarisation sont aussi vives que pour la wollastonite des nodules volcaniques. Deux faits cependant distinguent ces cristaux de l'espèce naturelle ; ils sont bien plus attaquables que celle-ci par l'acide chlorhydrique, avec production de silice gélatineuse. De plus les axes optiques sont extrêmement rapprochés, et leur direction commune se confond avec celle de l'allongement des cristaux. Au contraire la wollastonite naturelle possède des axes assez écartés dans le plan g^1, c'est-à-dire transversalement à l'allongement.

Le même auteur a en outre constaté les mêmes caractères sur les cristaux de M. Lechartier.

Il résulte de ce qui précède que la reproduction de la wollastonite ne paraît pas jusqu'à présent avoir été réalisée.

M. Bourgeois a obtenu de même par fusion ignée un culot cristallin de ***bisilicate de strontiane*** StO,SiO^2, tout à fait analogue à celui de chaux.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, p. 115.
2. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 41.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1882, t. V, p. 13 — *C. R.*, t. XCIV, p. 228. — *Ann. de phys. et de chim.*, 5e série, t. XIX et *thèse*.

PYROXÈNE MAGNÉSIEN.

MgO,SiO^2 $Mg SiO^3$

Nous croyons devoir placer ici cette espèce minérale qui joue un grand rôle dans la série des bisilicates artificiellement reproduits. Ce corps a été souvent confondu, soit avec sa variété dimorphe, l'enstatite, soit avec le diopside, ou pyroxène calcico-magnésien. La substance qui nous occupe ne se rencontre à l'état naturel que dans les météorites : aussi, ne porte-t-elle pas de nom minéralogique spécial.

Ebelmen [1] a obtenu le pyroxène magnésien en fondant 9^{gr} de silice et 6^{gr} de magnésie avec 6^{gr} d'acide borique et évaporant dans un four à porcelaine. L'auteur a donné au produit le nom de diopside, quoique la composition chimique réponde à la formule MgO,SiO^2 : ce sont des cristaux blancs opaques atteignant quelques centimètres; clivage m. $D = 3,16$. Les angles ont pu être mesurés dans la zone verticale : Ebelmen a trouvé $mm = 87°31'$ et $pm = 133°33'$; il a également reconnu que le plan des axes optiques est longitudinal. L'étude des extinctions en lumière parallèle, faite par MM. Fouqué et Michel-Lévy, démontre que l'on a affaire à un pyroxène clinorhombique et non à l'enstatite.

C'est au même produit qu'il convient de rapporter la plupart des cristaux obtenus par M. Hautefeuille [2] au moyen de la calcination prolongée, dans un creuset mal fermé, de la silice avec le chlorure de magnésium; un peu de vapeur d'eau pénètre à la longue dans le creuset par l'action du gaz du foyer et le produit résultant de l'opération est presque identique à celui d'Ebelmen. $D = 3,1$.

M. St. Meunier [3] a fait réagir dans un tube chauffé au rouge les vapeurs d'eau et de chlorure de silicium sur le magnésium métallique; le résultat de la réaction est une poudre blanche de bisilicate de magnésie, en très petits cristaux analogues à ceux des météorites ; il doit être plutôt rapporté au pyroxène qu'à l'enstatite.

MM. Fouqué et Michel Lévy [4] ont souvent constaté la formation du pyroxène magnésien dans leurs expériences. Ce corps, incolore par lui-même, se distingue de l'enstatite par les nombreuses lamelles maclées dont il est formé, et aussi par ses extinctions atteignant sur g^1 la valeur de 28° par rapport à l'allongement,

DIOPSIDE.

$(Mg,Ca)O,SiO^2$. $(Mg,Ca) SiO^3$

Gisements. — Le diopside appartient presque toujours aux formations métamorphiques.

Reproductions accidentelles. — On a fréquemment observé la formation du

1. *Ann. de phys. et de chim.*, 1851, t. XXXIII, p. 34.
2. *Ann. de phys. et de chim.*, 4e série, t. IV, p. 174. — *C. R.*, 1864, t. LIX, p. 734. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXXIV, p. 168.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 349.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 279.

diopside sur des laitiers de haut fourneau, des scories de fours à puddler, de fours à chaux, dans le fond des creusets de verrerie, dans les verres à bouteille dévitrifiés. On a des prismes verdâtres très allongés, souvent maclés, parfois tabulaires. $mm = 87^0$ environ ; clivage m. $D = 3,2$ environ. Les principales provenances sont : Olsberg près Bigge (Arensberg), d'après Nöggerath et M. Rammelsberg [1], Narzenbach près Dillenburg, d'après M. Rammelsberg, Kamonionna (Pologne) et Jennbach (Tyrol), Tannendorf près Culmbach, Philipsburg (New-Jersey), d'après Brush [2]. Gammelbo, d'après Hausmann [3]. M. Grüner [4] a observé la formation de très beaux échantillons $m\ h^5$ de diopside exempt d'alumine, formé aux dépens du revêtement d'une cornue Bessemer, de Blaenavon (Pays de Galles).

Méthodes de reproduction.— On doit à M. Daubrée [5] la reproduction de ce pyroxène dans des circonstances très remarquables. Un tube de verre vert renfermant de l'eau est chauffé au rouge sombre pendant quelques semaines. Après refroidissement de l'appareil, on a trouvé de petits cristaux de pyroxène diopside isolés dans le liquide, et offrant les faces $d^{1/2}, g^1, h^1, m$. D'autres formaient des mamelons adhérents au verre et portaient la face p prédominante avec m et g^1.

M. Lechartier [6] a reproduit le diopside par son procédé habituel, (fusion des éléments dans un chlorure).

AUGITE.

(Mg,Ca,Fe)O,SiO² *(Mg,Ca,Fe)SiO³.*

Gisement. — Ce minéral est un des plus importants au point de vue pétrographique; on sait qu'il se trouve dans toutes les roches éruptives basiques, soit en microlithes, soit en grands cristaux.

Reproductions accidentelles. — Le pyroxène augite se rencontre dans un très grand nombre de scories provenant des fourneaux les plus divers employés par l'industrie. Il est alors le plus souvent en masses confuses de cristaux ; cependant, on trouve parfois des formes isolées identiques à celles de la nature.

Mitscherlich en 1823 [7], est le premier qui ait signalé le fait dans des scories des fours à cuivre de Fahlun; il a donné l'analyse et la détermination cristallographique du produit.

Après lui, von Leonhard [8] étudie des cristaux bruns aciculaires de Skis-Hytta, des cristaux noirs de Garpenberg (Suède) et de Plons près Sargans (Suisse).

Sandberger [9] a décrit des cristaux noirs ou bruns, très brillants, offrant les faces $md^{1/2}g^1$ provenant de l'usine de Nisterthal.

1. *J. f. pr. Chem.*, t. XX, p. 501. — *J. f. Min.*, 1841, p. 745. — *C. R.*, t. X, p. 897.
2. *Sill. Ann. J.* (2), t. XXXIX, p. 132. — *J. pr. Chem.*, t. XCVII, p. 62.
3. *Nachr. k. Ges. Wiss. Gött.*, 1851, p. 216. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXVI, p. 186.
4. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 937. — *Bull. Soc. Min.* t. 1, p. 106.
5. *C. R.* 1856, t. XLV, p. 792. — *Géologie expérimentale*. p. 175.
6. *L. C.*
7. *Hütten-Erzeugnisse*, p. 275.
8. *Jahrb. f. Min.*, 1853, p. 641.
9. *Pogg. Ann.*, t. LXXXIII, p. 457.

Nöggerath a encore observé de petits cristaux d'augite qui avaient pris naissance dans le grand incendie de Hambourg.

M. Vélain[1] a signalé l'augite parmi les produits vitrifiés formés dans l'incendie des meules de blé; de son côté, M. Mallard[2] a fait voir que l'augite se produit dans les houillères embrasées de Commentry et de Cransac avec l'anorthite et la rhabdite (phosphure de fer).

Méthodes de reproduction. — Berthier et Mitscherlich[3] sont les premiers qui aient obtenu de l'augite artificielle, leur procédé consiste dans la fusion simple et le recuit des éléments dans un four de Sèvres; la forme cristalline composée de m, p, g^1, $d^{1/2}$ est celle de l'augite des volcans.

Ch. Sainte Claire Deville[4], calcinant au rouge vif un grès de Fontainebleau ferrugineux, imbibé de chlorure de magnésium, a produit de petits cristaux d'augite cimentant les grains quartzeux du grès.

M. Lechartier[5] a fait un beau travail d'ensemble sur les bisilicates et les a obtenus par fusion des éléments au sein du chlorure de calcium, ou du sulfate de soude. Les produits obtenus forment une série allant du diopside à l'augite, en y comprenant des types renfermant à la fois la chaux, la magnésie, les protoxydes de fer et de manganèse. Les échantillons ferrugineux ont besoin d'une moins haute température pour se former que n'en exigent les espèces dénuées de fer. Deux heures de chauffe permettent d'obtenir des cristaux atteignant près d'un centimètre de long.

MM. Fouqué et Michel Lévy ont constaté que, parmi les produits de fusion ignée des éléments des roches, il en est peu qui soient aussi stables que l'augite. Quelques instants de recuit au rouge suffisent pour l'obtenir en microlithes, tandis qu'un recuit un peu prolongé permet de reproduire les grands cristaux augitiques des roches volcaniques. L'augite peut cristalliser dans des limites de température assez étendues. Ses microlithes sont généralement bruns et raccourcis comme ceux des basaltes: on la trouve cependant en petits prismes verts allongés dans les culots néphéliniques et leucitiques : elle rappelle alors l'augite des phonolites, des néphélinites, des leucitites.

Les grands cristaux d'augite sont, tantôt isolés au milieu du magma et noyés dans les microlithes feldspathiques, tantôt ils englobent ceux-ci et constituent alors la *structure ophitique.*

Il est à remarquer que le pyroxène n'a pas encore été reproduit sous sa variété diallagisante caracterisée par le clivage supplémentaire h^1.

1. *L. C.*
2. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 230.
3. *Ann. de phys. et de chim*, 1823, t. XXIV, p. 374. — *Essai sur la fusibilité des silicates.*
4. *Expérience inédite.* 1858.
5. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 41.

RHODONITE.

MnO,SiO² — *MnSiO³*

Gisement. — La rhodonite est un minéral filonien.

Reproductions accidentelles. — Ce corps, qui constitue le pyroxène purement manganésien et dont la forme est un prisme légèrement anorthique, a été rencontré, accidentellement cristallisé [1], par Wiser, sur la sole du haut fourneau de Plons (Suisse), avec les formes p, m, t, h^1, clivages $m\,t = 87°5'$.

Méthodes de reproduction. — M. L. Bourgeois [2] a montré que la rhodonite, comme l'augite, se forme avec une extrême facilité par fusion simple de ses éléments. Quelques instants de recuit donnent un agrégat de cristaux anisotropes, d'un brun violacé, dans lesquels l'angle mh^1 a pu être mesuré et trouvé égal à 110°10'.

En opérant sur des mélanges d'oxyde de manganèse et de silice en diverses proportions, le même auteur a observé la formation d'une association de téphroïte, de hausmannite et de rhodonite. Ces derniers constituent des prismes tricliniques empâtant les deux autres éléments; ils se distinguent par leur résistance aux acides.

M. L. Bourgeois a encore préparé des cristaux de rhodonite par un procédé analogue à celui de M. Lechartier relatif à l'augite. Il fondait du silicate de manganèse dans le chlorure du même métal. Il se forme des octaèdres de hausmannite, des lamelles rhombiques de téphroïte et des cristaux roses de rhodonite, en tables parallélogrammes. L'aplatissement a lieu suivant p, m et h^1 limitant le contour de la lamelle; on y remarque encore a^1, o^1 et t. Plusieurs angles ont pu être mesurés au goniomètre.

M. Al. Gorgeu [3] a obtenu des cristaux roses à éclat vitreux de rhodonite associés à de la téphroïte, en faisant réagir un courant d'hydrogène ou d'acide carbonique chargé de vapeur d'eau sur un mélange chauffé au rouge cerise de 10 parties de chlorure de manganèse avec une partie de silice. La rhodonite prend naissance la première, la téphroïte se forme si la réaction se prolonge. La densité du bisilicate de manganèse est 3,68, la dureté 5. La forme cristalline est le prisme anorthique. La rhodonite artificielle est inattaquable par les acides.

AMPHIBOLES.

MO,SiO². — *MSiO³*.

Ces minéraux, qu'on peut qualifier de dimorphes des pyroxènes, sont, comme l'on sait, d'une très grande importance au point de vue pétrographique, la *hornblende* surtout.

1. *Jahrb. für Min.*, 1843, p. 462.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 64. — *Ann. de phys. et de chim.*, (5) t. XIX, et thèse.
3. *C. R.*, 1883, t. XCVII, p. 320.

On ne connaît malheureusement aucun procédé de reproduction des corps de cette série ; tous les efforts accomplis pour les obtenir n'ont donné jusqu'à présent que des pyroxènes. On ne sait pas même imiter l'épigénie du pyroxène en hornblende, si fréquentée dans certaines roches et désignée sous le nom d'*ouralitisation*.

On a cependant rapporté à la hornblende[1] des produits cristallisés provenant de scories des usines suivantes : Oberweiler (Grand Duché de Bade), Olsberg (Westphalie), Saynerhütte, Mägdesprung, Russkberg (Banat). Ces cristaux se sont rencontrés dans les cavités de scories riches en silice ; ils atteignent quelques centimètres de long. Formes $mm = 124°30'$, p, h^1, $b\ ^1/_2$, a^1, $a\ ^3/_4$. On a trouvé également sur les cristaux de Mägdesprung l'angle de 87°, ce qui semble indiquer une transformation partielle en pyroxène ou ouralitisation.

Dans ces produits amphiboliques, l'analyse dénote la présence de la chaux, du fer, parfois du manganèse, avec alumine et un peu de magnésie. Le rapport de l'oxygène des bases à celui de la silice est bien 1 : 2. Dureté 6 à 7. Densité 2,89 à 3,04.

Parfois les scories dites amphiboliques sont rayonnées à la façon de l'actinote, ou même asbestiformes.

SILICATES ALUMINEUX

SILICATES D'ALUMINE.

Al^2O^3,SiO^2. *Al^2SiO^5.*

Les expériences instituées par divers savants en vue de reproduire les silicates d'alumine, *disthène*, *andalousite*, *sillimanite* ou *fibrolite*, *staurotide*, minéraux qui appartiennent essentiellement au terrain primitif et aux roches métamorphiques ont donné des produits qui ne sont pas identiques aux espèces naturelles.

M. Daubrée[2] a cherché à reproduire le disthène par réaction du fluorure de silicium sur l'alumine ; mais il n'a obtenu ainsi qu'un silicate plus siliceux que le disthène. SiO^2,43,2 % au lieu de 37,7. (H. Sainte-Claire Deville)[3].

MM. H. Sainte-Claire Deville et Caron[4] ont préparé un silicate d'alumine riche en alumine (SiO^2,29,1 ; Al^2O^3,70,9) très bien cristallisé en prismes orthorhombiques et rappelant beaucoup par ses propriétés optiques la sillimanite. Ce composé que les auteurs ont désigné sous le nom de *staurolite* et qui répond à la formule $4Al^2O^3,3SiO^2$, se produit au rouge soit par réaction du fluorure d'aluminium sur la silice, soit réciproquement, par celle du fluorure de silicium sur l'alumine. Les auteurs de ces expériences ont donné à leur reproduction une forme très remarquable qui met bien en évidence l'action minéralisatrice du fluorure ; ayant

1. Fuchs, *die künstlich dargestellten Mineralien*, p. 132.
2. *C. R.*, 1854. t. XXXIX, p. 135.
3. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764.
4. *C. R.*, 1858, t. XLVI, p. 764 et 1861, t. LII, p. 780. — *L'Inst.*, 1858, p. 133. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CVIII, p. 55 et t. CXX, p. 176. — *Chem. News*, t. V, 57. — *Phil. Mag.*, t. XXI, p. 496.

rempli un tube de porcelaine par des couches alternatives d'alumine et de silice, le chauffant au rouge et le faisant traverser par un courant de fluorure de silicium, ils ont pu transformer au moyen d'une quantité limitée de ce dernier réactif, tout le contenu du tube.

La calcination prolongée du fluorure d'aluminium avec la silice a fourni à MM. Fremy et Feil[1] un autre silicate d'alumine remarquable par sa belle cristallisation. Ce corps de formule Al^2O^3,SiO^2 est très voisin de la sillimanite, il offre comme elle des formes aiguillées et fusiformes, des extinctions longitudinales et des teintes vives de polarisation.

M. St. Meunier[2] a préparé un silicate plus alumineux que le précédent en faisant réagir au rouge les vapeurs d'eau et de chlorure de silicium sur l'aluminium métallique. Le produit obtenu se présente sous des formes mal définies et témoigne que la cristallisation a été très brusque.

MM. Hautefeuille et Margottet[3] ont obtenu par fusion prolongée de la silice et de l'alumine avec de l'acide métaphosphorique, des prismes orthorhombiques de formule Al^2O^3,SiO^2, qu'il y a lieu de rapporter à la staurotide. Ils étaient accompagnés d'un *phosphate de silice* SiO^2,PhO^5, cristallisé en cubes.

ÉMERAUDE.

$3GlO,Al^2O^3,6SiO^2$. $Gl^3Al^2(SiO^3)^6$.

L'émeraude ou béryl que la nature présente toujours en relation avec les filons stannifères et qui a dû se former sous l'influence d'émanations fluorées, n'a été jusqu'à présent reproduite que par Ebelmen[4]. Ce chimiste soumettait à une température très élevée un mélange d'acide borique et d'émeraude naturelle pulvérisée, et obtenait un culot dont les cavités étaient remplies de petits prismes hexagonaux d'émeraude. Dans quelques-unes de ses expériences, Ebelmen ajoutait un peu d'oxyde de chrome qui colorait en vert les cristaux obtenus.

H. Sainte-Claire Deville[5] a montré qu'il est impossible d'obtenir l'émeraude par réaction au rouge du fluorure ou du chlorure de silicium sur la glucine et l'alumine. La *phénacite* $2GlO,SiO^2$ et l'*euclase* ne peuvent non plus prendre naissance dans cette réaction. On obtient seulement un silicate de glucine cristallisé, $6GlO,5SiO^2$, lequel n'existe pas dans la nature.

SILICATES FLUORIFÈRES.

H. Sainte-Claire Deville[6] a fait voir que l'on ne pouvait obtenir ces silicates fluorifères, à composition complexe, que la nature a mis au jour avec les filons

1. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 1029.
2. *C. R.*, 1880, t. XL, p. 1009.
3. *C. R.*, 1883, t. XCVI, p. 1052.
4. *Ann. de phys. et de chim.*, 1848, t. XXII, p. 211.
5. *C. R.*, 1867, t. LII, p. 780.
6. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 625, et 1861, t. LII, p. 780.

stannifères. L'action du fluorure de silicium en vapeurs sur des bases convenablement choisies dans un tube chauffé au rouge n'a permis jusqu'à présent d'obtenir, ni la *chondrodite*, ni la *tourmaline*, ni la *topaze*.

IDOCRASE.

Ce silicate qui, dans la nature, se rencontre comme un produit de métamorphisme, et dont la formule voisine de celle du grenat n'est pas connue avec certitude, ne paraît pas, malgré l'assertion de Mitscherlich qui le signala dans un laitier de Hörde[1], avoir été reproduit artificiellement.

Il est possible que bien des observateurs, par exemple Percy et Miller, aient pris de la mélilite, produit de fusion ignée très stable pour de l'idocrase.

MÉLANITE.

$3CaO,(Al,Fe)^2O^3,3SiO^2$. $Ca^3(Al,Fe)^2(SiO^4)^3$.

Gisements. — Ce corps se rencontre naturellement tantôt dans les roches métamorphiques (micaschistes), tantôt dans certaines roches volcaniques et particulièrement avec d'autres silicates calcaires dans les produits de sublimation des volcans (Somma). Les circonstances de production de ce corps sont encore bien mal connues.

Méthodes et essais de reproduction. — Klaproth[2] et von Kobell[3] ont reproduit artificiellement le grenat mélanite, par fusion et refroidissement lent. Le premier de ces savants opérait en partant de l'idocrase, le second du grenat mélanite.

Le culot après refroidissement présente une masse scoriacée dans les cavités de laquelle se montrent de petits octaèdres réguliers striés parallèlement aux arêtes. Ces cristaux ont été analysés : toutes leurs propriétés physiques et chimiques sont identiques à celles du grenat mélanite naturel. La seule différence peu importante, il est vrai, est la prédominance de l'octaèdre, rare dans la nature.

Ces résultats ont été confirmés par Studer et Mitscherlich[4].

Au contraire, M. Des Cloizeaux[5] ayant fondu et recuit dans des fours de Sèvres diverses variétés de grenat (*grossulaire, mélanite, almandin*) ou bien encore de l'idocrase, n'a pas régénéré ces minéraux, mais obtenu des roches principalement formées de pyroxène et d'anorthite.

Nous avons nous-mêmes[6], par fusion et recuit des éléments du grenat grossulaire ($3CaO,Al^2O^3,3SiO^2$) ou encore du mélanite, obtenu seulement de l'anorthite et d'autres produits anisotropes.

1. *Jahrb. für Min.*, 1835, p. 35. — *Zeitsch. d. deutsch. geol. Ges.*, t. XV, p. 365. — *Jahresb.*, 1863, p. 802.
2. *J. ph.*, t. LII, 1801, p. 322. — *Gehl. J.*, 1808, p. 203.
3. *Kastner Arch. nat.*, 1825, t. V, p. 313 et 1827, t. X, p. 15.
4. *Jahrb. f. Min.*, 1835, p. 35.
5. *Manuel de Minéralogie.* Paris, Dunod, 1862, t. I, p. 277 et 543.
6. *Ann. de chim. et de phys.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.

MM. Fouqué et Michel Lévy[1] ont reproduit le grenat mélanite associé à la néphéline par fusion ignée et recuit. Ce sont des dodécaèdres rhomboïdaux, leur diamètre atteint environ 0mm,05.

H. Sainte-Claire Deville a fait voir que le grenat ne pouvait être obtenu par réaction du chlorure ou du fluorure de silicium au rouge sur les bases qui entrent dans la composition de ce minéral.

SPESSARTINE.

$3MnO,Al^2O^3,3SiO^2$. $Mn^3Al^2(SiO^4)^3$.

M. L. Bourgeois[2] a constaté la présence de ce grenat dans un culot provenant de la fusion et du recuit de ses éléments. Le produit se présentait en sections polygonales presque circulaires, d'un jaune foncé, atteignant 0m,05. Elles sont parfaitement isotropes ; de nombreux cristallites de hausmannite s'y montrent ; ils se disposent souvent en couronnes concentriques.

M. Al. Gorgen[3] a préparé des cristaux de spessartine sous forme de petits icositétraèdres très-nets, par fusion des éléments dans le chlorure de manganèse.

GEHLÉNITE.

$3MO,R^2O^3,2SiO^2$. $M^3(RO)^2(SiO^4)^2$.

Ce silicate dans lequel $M = Ca,Mg$ et $R = Al, Fe$, se rencontre assez fréquemment dans les scories des hauts fourneaux (Oldburg et Holzhausen) en prismes quadratiques gris clair *m p* quelquefois h^1, clivage *p*; $D = 2{,}9$. Ces observations sont dues à Hausmann et à Percy.

M. Bourgeois[4] a fait cristalliser la gehlénite par fusion et recuit des éléments; il a observé la prise en masse et la formation de petits prismes quadratiques microscopiques, uniaxes négatifs comme la gehlénite ; le produit n'est jamais arborisé. M. Bourgeois a opéré sur des mélanges de composition variée, mais rentrant toujours dans la formule indiquée plus haut. Il a obtenu notamment la gehlénite alumino-calcique pure $3CaO,Al^2O^3,2SiO^2$.

MÉLILITE.

$2MO,\frac{1}{2}R^2O^3,3SiO^2$. $M^{12}R^4(SiO^4)^9$.

Gisements. — Ce composé est depuis longtemps connu en grands cristaux dans

1. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 961.
2. *Ann. de chim. et de phys.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI.
4. *Ann. de chim. et de phys.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.

les nodules volcaniques ; tout récemment son extrême diffusion dans les roches basaltiques a été montrée par M. Stelzner[1].

Reproductions accidentelles. — On a signalé fréquemment des beaux échantillons de mélilite dans les scories et laitiers des hauts-fourneaux. Le produit se présente en prismes carrés mesurables *m p*, avec h^1 a^1 b $^1/_2$, clivage *p* : les faces sont striées parallèlement à l'axe. La couleur est le jaune de miel plus ou moins foncé, et la composition est assez variable tout en convenant à la formule indiquée.

Les principales provenances sont Russels Hall et Tipton, d'après Forbes ; Dudley, Weiks, Penny Darran, Nanty-Glo ; Janon près Saint-Etienne et Dowbs (Pays de Galles) d'après Berthier[2] ; Königshütte (Silésie) d'après Karsten[3] ; Saint-Etienne d'après Hausmann ; Bettingen d'après Lebach, près Bothe[4].

Méthodes de reproduction. — MM. Fouqué et Michel Lévy[5] ont étudié la formation de la mélilite par fusion ignée et recuit ; ils se sont assurés que ce minéral est un de ceux qui prennent naissance le plus facilement, et l'ont obtenu soit seul, soit associé à d'autres produits. Ce sont des tables carrées uniaxes négatives avec extinction suivant les dimensions longitudinales des sections. Des zones d'accroissement se montrent fréquemment en même temps que des inclusions de fer oligiste.

M. L. Bourgeois[6] s'inspirant des recherches précédentes, a soumis à la fusion et au recuit une série de mélanges de formule $2MO,\frac{1}{2}R^2O^3,3SiO^2$ en faisant varier les éléments constitutifs $M = Ca,Mg,Mn,Na,K$ et $R = Al,Fe$, et obtenu ainsi diverses variétés de mélilite, les uns ferrifères, les autres incolores (*humboldtilite*). Les types manganésifères sont remarquables par leur facile cristallisation et leur dichroïsme dans les teintes violettes. Il a constaté que, si la soude n'est pas absolument nécessaire à la formation de la mélilite, elle en favorise du moins singulièrement la cristallisation ; il n'a pu créer de type purement calcique ou purement magnésien. Tous ces produits s'attaquent aux acides avec formation de gelée et offrent la double réfraction uniaxe négative.

MICAS.

Ces minéraux, si importants au point de vue pétrographique, n'ont jamais été reproduits méthodiquement. On a signalé seulement des reproductions accidentelles portant sur les variétés ferrifères (*mica noir*, *biotite*, *phlogopite*) ; on n'a jamais observé aucune formation de micas blancs (*muscovite*, *lépidolite*).

Mitscherlich[7] a signalé la production d'un mica plus riche en chaux et moins

1. *Neues Jahrb. für Min. Geol. und Pal.*, 1882, t. I, p. 229 et Beilage-Band., t. II, p. 369 à 439.
2. *Traité des essais par la voie sèche*, t. II, p. 282.
3. *Handb. d. Eisenhüttenkunde*, t. III, p. 222.
4. *J. pr. Chem.*, t. LXXVIII, p. 222. — *Jahresb.*, 1859, p. 153.
5. *Synth. des min. et des roches*, p. 59 et 126.
6. *Ann. de phys. et de chim.*, 1883, 5e série t. XIX. et thèse.
7. *Abh. d. k. Acad. Wiss. Berlin.* 1882, p. 36.

riche en potasse que la biotite, dans les cavités d'un laitier du haut-fourneau de Garpenberg (Dalécarlie); D = 2,85. Le produit formait une masse cristalline où se voyaient de belles lames hexagonales, atteignant quelques centimètres.

Von Leonhard[1] a signalé aussi la formation d'une substance micacée grise dans une scorie provenant de la fusion du lépidolite de Zinnwald.

Forchhammer[2], en cherchant à reproduire l'apatite par fusion d'une marne phosphorifère avec du chlorure de sodium, a observé, en outre de la formation de l'apatite, celle de feuillets micacés renfermant les éléments de la biotite.

M. Daubrée a fait voir que l'on ne réussit pas à obtenir les micas par réaction du chlorure ou du fluorure de silicium sur leurs bases, et d'autre part, MM. Fouqué et Michel-Lévy ayant fondu et recuit du mica noir, ont obtenu des éléments cristallins tout différents du produit initial.

FELDSPATHS.

Il est peu de minéraux aussi importants que les feldspaths. Certains d'entre eux peuvent se présenter sous forme de filons ; mais la plupart du temps les feldspaths constituent une partie intégrante des roches. La nature du feldspath est en rapport avec la nature, la composition et même, jusqu'à un certain point, avec l'âge de la roche. Nous renvoyons, pour ces considérations, au chapitre spécial placé à la fin de ce fascicule, et nous nous bornons à dire qu'il n'est pas étonnant que les feldspaths, comme le quartz, aient été l'objet d'un grand nombre de travaux, en vue de leur reproduction. Les belles recherches de MM. Fouqué et Michel-Lévy, Haute feuille, Friedel et Sarasin méritent d'être citées particulièrement.

ORTHOSE.

$KO,Al^2O^3,6SiO^2$. $KAlSi^3O^8$.

Gisements. — L'orthose se rencontre dans les roches éruptives et métamorphiques riches en silice (granites, granulites, syénites, porphyres, rhyolites, trachytes, gneiss, micaschistes). Dans les roches volcaniques elle affecte tantôt la forme de grands cristaux, tantôt celle de microlithes. Elle se rencontre encore dans les filons concrétionnés et dans des produits volcaniques engendrés par voie de sublimation.

Reproductions accidentelles. — L'orthose a été plusieurs fois signalée comme reproduite accidentellement, sans doute par voie de sublimation. La première observation de ce genre est due à Hausmann[3], en 1810, dans un four à cuivre de Mansfeld. Puis, en 1834, Freiesleben[4] trouva dans les fentes des parois du fourneau à cuivre de Sangershausen de beaux cristaux longs de 15 à 20 centimètres, implantés

1. *Jahrb. für Min.*, 1854, p. 129.
2. *Ann. Chem. Pharm.*, t. XC, p. 326.
3. *Abh. der k. Ges. Wiss. Göttingen*, t. IV, p. 257. — *Norddeut. Beiträge zur Berg- und Hüttenkunde*, t. IV, p. 86.
4. *Pogg. Ann.*, t. XXXIII, p. 336. et t. XXXIV. p. 531. — *Jahrb. f. Min.* 1835, p. 51, et 1836 p. 47. — *Karsten's Archiv. f. Min.*, t. VIII. p. 225,

sur des silicates fondus ou associés à des matières graphiteuses et à de la blende. Ces cristaux étaient, les uns d'un blanc nacré, quelques-uns bleu violet ou noirâtres, avec clivages rectangulaires et macles de Carlsbad. Toutes les propriétés physiques et chimiques se rapportaient à celles de l'orthose. Dureté 6 ; D=2,55.

Le même feldspath a été rencontré en 1845[1] au haut-fourneau de Josephshütte, près Stollberg. L'aspect du produit est celui de l'adulaire; on observe trois des macles familières à l'orthose avec les faces p, g^1, m, a^1. La composition, la densité, la dureté sont normales.

Des faits analogues ont encore été observés par Hausmann dans le haut-fourneau de Kreuzhütte, près Laimbach, et par Zincken[2] dans celui de Rottleberode (cercle de Magdebourg).

Méthodes de reproduction. — Mitscherlich, et plus tard Hayes[3], ont essayé en vain de faire cristalliser l'orthose par fusion et refroidissement lent du minéral ou de ses éléments. Quoi qu'ils eussent opéré tout à fait en grand, ils n'ont pu obtenir que des masses vitreuses.

M. Daubrée[4] a fait réagir le chlorure de silicium en vapeur sur les bases des feldspaths chauffées au rouge; il a obtenu ainsi des cristaux prismatiques; mais, d'après la détermination de H. Sainte-Claire Deville, ces cristaux n'appartiennent pas à la famille des feldspaths.

M. Stanislas Meunier[5], par réaction au rouge du chlorure de silicium sur l'aluminium en fil imprégné de potasse, a recueilli, outre de la leucite, des prismes maclés qui peuvent être de l'orthose.

Les expériences de Mitscherlich ont été reprises dans ces dernières années par plusieurs opérateurs.

M. Stanislas Meunier[6], par fusion et recuit de roches acides vitreuses, a obtenu des noyaux cristallins à polarisation vive, possédant la composition de l'orthose.

MM. Fouqué et Michel-Lévy[7] ont été conduits à des conclusions tout à fait différentes; dans un grand nombre d'expériences portant sur le recuit de verres ayant la composition de l'orthose, ils n'ont pu obtenir, après huit jours de chauffe, qu'une masse à peine dévitrifiée, montrant seulement, entre les nicols croisés, une sorte de réseau très fin à mailles rectangulaires, constamment dirigées à 45° des sections principales des nicols, et d'autant plus nettes, que la plaque est plus épaisse. L'explication de ce singulier phénomène est encore obscure; quoi qu'il en soit, on n'observe aucun microlithe analogue à ceux des feldspaths calciques.

Les diverses expériences qui précèdent nous montrent que l'orthose ne peut s'engendrer qu'avec une extrême difficulté par la voie purement ignée, en sorte que nous n'avons que bien peu d'indications sur la genèse des roches à orthose, même non quartzifères (orthophyres, trachytes et phonolithes).

1. *Beiträge zur metallurgischen Krystallkunde*, p. 44.
2. *Bergwerks-Freund*. t. X, p. 15.
3. *Pogg. Ann.*, t. CXIII, p. 468. — *Jahrb. f. Min.*, 1862, p. 549.
4. *C. R.*, 1854. t. XXXIX, p. 135.
5. *C. R.*, 1880, t. XC. p. 1009.
6. *C. R.*, 1876, t. LXXXIII, p. 616, et 1878, t. LXXXVII, p. 737.
7. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 700.

La première reproduction qui ait été faite de l'orthose est due à M. Hautefeuille[1], qui s'est servi d'un fondant étranger. Ce savant a chauffé pendant vingt jours, vers 950°, un mélange de potasse en excès, de silice et d'alumine avec de l'acide tungstique. Il se fait au début, outre de l'orthose, de la tridymite et un silicate aluminopotassique anorthique, mais ces deux derniers produits sont résorbés à la longue, et après lessivage de la masse on obtient des cristaux ayant la composition normale, et possédant les faces p, m, a^1 bien marquées avec le clivage p très net. La macle de Carlsbad est rare, D = 2,55. Si les cristaux sont obtenus à 900°, le prisme est allongé, a^1 est peu développé; quelquefois on voit les faces $b^{1}/_{8}$ que la nature n'offre pas. Si l'on a préparé les cristaux à la température de 1000°, ils sont raccourcis, et les faces p et a^1 sont assez développées. Un peu de soude peut être introduite dans le mélange et entrer dans la composition de la substance.

M. Hautefeuille[2] a reproduit simultanément l'orthose et la tridymite en substituant les phosphates aux tungstates. Il a, de plus, constaté un résultat très important : introduisant du fluor à l'état de fluosilicate dans la masse, il a obtenu une cristallisation à plus basse température et le quartz prismé (e^2 p e $^1/_2$), s'est substitué à la tridymite. Quant à l'orthose, elle possédait l'aspect normal de l'adulaire avec la macle de Carlsbad.

M. Hautefeuille a même répété cette expérience à 700° dans un tube de verre et mis en évidence l'intervention des vapeurs fluorées.

Une série d'expériences non moins remarquables est due à MM. Friedel et Sarasin[3], qui se sont adressés à la voie humide. Dans leur tube clos (v. p. 13), revêtu intérieurement de platine, ils ont chauffé au rouge sombre pendant plusieurs jours une solution de silicate de potasse basique avec un silicate d'alumine précipité. Le résultat de l'opération, après que, par traitement aux acides, on l'a débarrassé d'un silicate de potasse hydraté cristallisé, est formé essentiellement d'orthose, à laquelle s'associe un peu de quartz (ou, si l'on a trop chauffé, de tridymite). La composition du produit est normale, ainsi que les propriétés physiques. Les faces observées sont p, a^1, m, h^1, g^1. Souvent on a des lames hexagonales aplaties suivant g^1 et limitées par a^1 et h^1 (a^1 h^1 = 140°). Tantôt l'aspect est celui de l'adulaire (p, m); tantôt celui de l'orthose des roches granitiques (g^1 domine); tantôt celui de la *sanidine* ou orthose volcanique (p, g^1 avec allongement suivant cette arête). Les macles observées sont celle de Baveno et celle de Four-la-Brouque (suivant p avec axe de rotation perpendiculaire).

ALBITE.

$NaO,Al^2O^3,6SiO^2$. *$NaAlSi^3O^8$*.

Gisements. — Ce feldspath, ne se présente guère dans la nature que comme minéral de filon ; il n'a jamais été signalé comme reproduit accidentellement.

Méthodes de reproduction. — Il ne paraît pas susceptible de synthèse par voie

1. *C. R.*, 1877, t. LXXXV, p 952.
2. *C. R.*, 1880. t. XC, p. 830.
3. *Bull. Soc. Min.* 1879, t. II, p. 158 et 1880, t. III, p. 171. — *C. R.*, 1881, t. XCII, p. 1374.

purement ignée. En effet, MM. Fouqué et Michel-Lévy[1] ayant longtemps recuit des verres ayant la composition de l'albite, n'ont obtenu qu'une très petite quantité de microlithes déliés, s'éteignant sous un angle maximum de 12° environ. Le caractère de la double réfraction est positif, contrairement à ce qui a lieu pour les microlithes d'oligoclase et de labrador des roches. La plus grande partie du culot reste à l'état vitreux.

M. Hautefeuille[2] a reproduit l'albite par un procédé semblable à celui qui lui a donné l'orthose ; il lui suffit de remplacer la potasse par la soude (v. p. 126). Le produit de l'opération répond par toutes ses propriétés physiques et chimiques à l'albite. Les formes sont p, g^1, m, t, a^1, $a\,{}^1/_2$, avec clivage p très marqué, et l'on observe les macles de l'albite et de Carlsbad.

M. Hautefeuille a obtenu de même des cristaux d'albite, en se servant du phosphate ou du vanadate de soude comme fondant.

MM. Friedel et Sarasin[3] ont obtenu l'albite par le procédé qui leur avait donné l'orthose : ils chauffent dans leur tube d'acier grand modèle, à une température de 500° environ, de l'alumine précipitée avec un excès de silicate de soude. L'albite se présente en aiguilles ou encore en cristaux raccourcis analogues à ceux des filons ; les dimensions atteignent quelques dixièmes de millimètre. Les cristaux sont tous aplatis suivant g^1 ; ils offrent un contour hexagonal formé par les faces p, m ou t, a^1. La plupart sont allongés suivant l'arête pg^1 à la façon des microlithes des roches ; quelques-uns sont allongés suivant l'arête mt. Plusieurs angles ont été mesurés et trouvés égaux à ceux de l'albite ; les extinctions et toutes les autres propriétés sont normales. La macle dite de l'albite est fréquente et se traduit par des stries sur p.

Il est à remarquer que l'albite cristallise bien plus facilement que l'orthose dans les mêmes conditions ; elle n'est jamais accompagnée, comme celle-ci, de quartz, de tridymite et de substance amorphe.

MM. Friedel et Sarasin ont ajouté au mélange en expérience des quantités variables de chlorure de potassium. Une de leurs expériences n'a donné que du quartz et un silicate cubique ; mais la plupart des essais effectués dans ces conditions ont fourni concurremment l'orthose et l'albite, en cristaux bien distincts les uns des autres. Il est à remarquer que les deux espèces n'ont pas cristallisé ensemble.

OLIGOCLASE.

$3NaO,CaO,4Al^2O^3,20SiO^2$ $6(NaAlSi^3O^8), (CaAl^2Si^2O^8)$

Gisement. — Ce feldspath se présente dans la nature non seulement sous forme de filons, mais aussi dans les roches granitoïdes, dans les gneiss et sous forme microlithique dans un grand nombre de roches éruptives (porphyrites, variolites, mélaphyres, dacites, andésites).

Méthodes de reproduction. — Il a été reproduit par fusion ignée sous forme

1. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 700.
2. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 830.
3. *C. R.*, 1883, t. XCVII, p. 290-294.

microlithique par MM. Fouqué et Michel-Lévy[1]. Il suffit de recuire un verre ayant la composition de l'oligoclase, pour le transformer au bout de quelques jours en un enchevêtrement de microlithes déliés, peu maclés, s'éteignant longitudinalement avec double réfraction négative. Ces microlithes ressemblent tout à fait à ceux des andésites, comme eux, ils s'allongent suivant pg^1; ils ont de grandes tendances à s'agréger en sphérolithes.

LABRADOR.

$NaO,3CaO,4Al^2O^3,12SiO^2$. $2(NaAlSi^3O^8),3(CaAl^2Si^2O^8)$.

Gisement. — Ce minéral forme la matière de certains filons; mais il est surtout répandu dans les roches soit granitoïdes comme les diorites et les diabases, soit trachytoïdes (grands cristaux des andésites, microlithes des labradorites et des basaltes.)

Méthodes de reproduction. — Il a été reproduit par voie de fusion ignée par MM. Fouqué et Michel-Lévy[2]. En recuisant au rouge vif pendant quarante-huit heures des verres ayant la composition du labrador, ils ont obtenu un culot entièrement formé de microlithes allongés suivant pg^1, maclés principalement suivant la loi de l'albite, et aussi suivant celles de Carlsbad et de Baveno, s'éteignant sous des angles maxima de 30° par rapport à la longueur. Ces cristaux, qui offrent une double réfraction négative, sont identiques de tout point aux microlithes des roches volcaniques. Les sphérolithes sont ici moins fréquents que pour l'oligoclase.

ANORTHITE.

$CaO,Al^2O^3,2SiO^2$. $CaAl^2Si^2O^8$.

Gisement. — Ce feldspath se rencontre en grands cristaux dans certaines roches volcaniques, très basiques, il est plus rare en microlithes: enfin c'est le seul feldspath qui ait été signalé dans les météorites.

Reproductions accidentelles. — M. Vélain[3] a trouvé des cristaux d'anorthite dans des scories provenant de l'incendie des meules de blé, et M. Mallard[4] a rencontré le même feldspath en aiguilles enchevêtrées ou lamelles avec augite et rhabdite (Fe^7Ph), dans les produits des houillères embrasées de Commentry et de Cransac.

Les cristaux, tout à fait semblables à ceux des cavités des météorites, présentent la macle de Carlsbad et les faces p, h^1, g^1, a^1, avec aplatissement suivant g^1.

M. des Cloizeaux[5], ayant fondu dans les fours à porcelaine de Sèvres du grenat

1. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 700.
2. *C. R.*, 1878. t. LXXXVII, p. 700.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, p. 113.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 230.
5. *Manuel de minéralogie*, 1862, t. I, p. 377 et 284.

mélanite et de l'idocrase, d'après l'étude faite des culots par MM. Fouqué et Michel-Lévy, a obtenu des cristaux parfaitement déterminables d'anorthite, analogues à ceux que nous avons décrits plus haut, et portant les faces p et g^1 très développées; le pyroxène dans quelques expériences s'est trouvé associé avec l'anorthite.

Méthodes de reproduction. — MM. Fouqué et Michel-Lévy[1] ont fondu ensemble au rouge blanc les éléments de l'anorthite et obtenu un verre isotrope qui, recuit quelques jours au rouge cerise (température des fours à crown-glass), s'est transformé en une masse entièrement cristalline. Ces cristaux sont remarquables par leur grande netteté: les uns ont la forme et l'aspect des grands cristaux (aplatis suivant g^1) des laves, les autres affectent l'apparence microlithique allongée suivant p g^1. Ces derniers s'éteignent sous des angles qui atteignent 45°, le caractère de la double réfraction est tantôt positif, tantôt négatif. On observe fréquemment les macles de l'albite et de Baveno. Tous ces caractères, joints à l'attaque facile du produit par l'acide chlorhydrique, démontrent que l'on a bien affaire à l'anorthite.

Produits artificiels voisins des feldspaths. — M. Hautefeuille[2] a obtenu, comme produits accessoires de la préparation de l'orthose et de l'albite, des silicates instables de formules $KO,Al^2O^3,8SiO^2$ et $NaO,Al^2O^3,8SiO^2$. Ces corps, qui présentent les rapports d'oxygène de l'oligoclase, n'appartiennent pas à la série feldspathique.

On doit à MM. Fouqué et Michel-Lévy[3] une longue série d'expériences qui démontrent la possibilité d'obtenir des silicates alumineux ne différant de l'oligoclase, du labrador et de l'anorthite que par la substitution, à la chaux, de la baryte, de la strontiane ou de l'oxyde de plomb. Le procédé employé est la fusion ignée suivie de recuit; le résultat de l'opération est une masse formée de microlithes allongés suivant p g^1 comme ceux des roches. Ces produits sont parfaitement caractérisés et complètent la série des feldspaths.

Les mêmes auteurs[4] se sont préoccupés également de chercher si la voie ignée sans fondant peut donner des termes intermédiaires entre l'albite, l'oligoclase, le labrador et l'anorthite.

D'après les vues de M. Tschermak, tous les feldspaths tricliniques résulteraient de mélanges isomorphes en proportions variées d'albite $NaAlSi^3O^8$, et d'anorthite $CaAl^2Si^2O^8$; les expériences en question montrent que l'obtention de ces termes intermédiaires (andésine, bytownite), *par fusion ignée* du moins est impossible; par exemple un verre de composition intermédiaire entre l'oligoclase et le labrador abandonne des microlithes distincts de ces deux minéraux. L'application de ce fait à la classification des roches volcaniques est extrêmement importante.

MM. Fouqué et Michel-Lévy ont également vérifié qu'on ne peut obtenir, au moins par leur procédé, des feldspaths s'écartant de la loi formulée par M. Tschermak.

1. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII. p. 700.
2. *Ann. scient. de l'Ec. norm. sup.*, 1880, t. IX.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 620. — *Bull. Soc. Min.*, t. III, p. 124.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 63.

Le feldspath barytique dont nous avons parlé plus haut, s'éloigne par certaines propriétés chimiques et physiques des feldspaths barytiques naturels, (*hyalophane*, etc.)

On a encore signalé d'autres reproductions de feldspaths barytiques. Ainsi dans une opération qui a fourni à MM. Fremy et Feil du corindon (v. p. 64), l'action du fluorure de baryum a déterminé la sublimation de belles aiguilles dont la composition déterminée par M. Terreil est peu différente de celle de l'anorthite barytique $BaO,Al^2O^3,2SiO^2$.

Enfin la formation d'une anorthite zincique en cristaux tricliniques maclés a été constatée par MM. Schulze et Stelzner[1] dans les parois des fours à zinc de Lipine; ce produit est associé à la willémite et à la gahnite.

LEUCITE OU AMPHIGÈNE.

$KO,Al^2O^3,4SiO^2$. $KAl(SiO^3)^2$.

Gisement. — Ce minéral n'a jamais été rencontré jusqu'à présent que dans les roches volcaniques, dont il fait partie intégrante en cristaux grands ou petits formés au premier temps de consolidation. Il se rencontre quelquefois comme produit de sublimation dans les mêmes roches.

Méthodes de reproduction. — M. Hautefeuille[2] a préparé des cristaux mesurables de leucite par fusion des éléments dans le vanadate de potasse. Le produit a généralement l'aspect de la leucite naturelle (trapézoèdre pseudo-cubique a^2 et a_2); certains cristaux sont allongés suivant un de leurs axes quaternaires. La symétrie seulement quaternaire de la leucite, attestée par les travaux de M. vom Rath, est manifestée sur le produit artificiel par les incidences des faces et par de nombreuses lamelles hémitropes suivant b^1 aussi nettes que dans les roches.

M. Hautefeuille a également obtenu la leucite par fusion des micas dans le vanadate potassique.

M. Stan. Meunier[3] a obtenu de petits cristaux quadratiques ayant la composition de la leucite, par réaction au rouge du chlorure de silicium sur un mélange d'aluminium et de potasse.

On doit à MM. Fouqué et Michel-Lévy[4] une série d'expériences qui ont donné la leucite comme produit de fusion ignée sans fondant et ont vivement éclairé la question de la genèse des roches leucitiques. La leucite, prise isolément, plus réfractaire encore que l'anorthite, ne se prête pas à l'exécution de l'expérience; il est utile d'opérer un mélange des éléments de la leucite avec ceux de l'augite, le premier minéral prédominant. Un recuit de quarante-huit heures au rouge cerise consécutif à la fusion amène la production d'abondantes arborisations de leucite accompagnées de cristaux quadratiques bien nets a^2 a_2 b^1. Le caractère pseudo-cubique de ces formes naissantes est très marqué

1. *Neues Jahrb. für Min., Geol. u. Pal.*, 1881, p. 120.
2. *Ann. scient. de l'Ec. norm. sup.*, 2e série, t. IX, 1880.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 100.
4. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 961. — *Bull. Soc. Min.*, 1880, t. III, p. 118.

Si l'on prolonge longtemps le recuit, on voit apparaître de nombreux cristaux de leucite cimentés par de l'augite. Ils affectent la forme globuleuse avec couronnes d'inclusions et nombreuses lamelles maclées très visibles en lumière polarisée avec interposition d'une lame de quartz; leur aspect est identique à celui qu'offrent les cristaux des laves du Vésuve ou du Latium.

La même roche prend naissance lorsqu'on opère sur un mélange d'orthose et de biotite.

M. Lemberg[1] a obtenu une masse possédant la composition de la leucite, en chauffant en tube clos de la néphéline avec une solution de chlorure de potassium.

Produits artificiels voisins de la leucite. — M. Hautefeuille[2], en remplaçant l'alumine par du peroxyde de fer dans l'expérience qui lui avait donné la leucite, a réussi à préparer un *silicate potassico-ferrique* isomorphe avec la leucite. Ce corps, d'un haut intérêt au point de vue de l'isomorphisme, forme des pseudo-trapézoèdres a^2 a_2, vert jaunâtre, très polarisants, très maclés suivant b^1. Leur formule est : $KO,Fe^2O^3,4SiO^2$. Ce corps, qui affecte souvent la forme dendritique, se produit surtout en présence d'un peu de fluor.

On peut rapprocher de la leucite deux *silicates doubles d'alumine et de lithine* obtenus par fusion de la silice et de l'alumine dans le tungstate ou le vanadate lithiques. Ces deux produits sont quadratiques (b^2 b^1) et isomorphes entre eux. Leurs formules sont $LiO,Al^2O^3,5SiO^2$ et $LiO,Al^2O^3,6SiO^2$.

NÉPHÉLINE.

$NaO,Al^2O^3,2SiO^2$. *NaAlSiO⁴*.

Gisements. — Cette substance s'observe dans la nature comme produit de sublimation volcanique; on la trouve aussi dans un petit nombre de roches granitoïdes (syénites zirconiennes, miascites), sous la variété *éléolite*, mais elle est bien plus répandue comme partie intégrante des roches volcaniques (phonolites, néphélinites, téphrites), soit en grands cristaux, soit en microlithes.

Méthodes de reproduction. — La néphéline a été reproduite pour la première fois par MM. Fouqué et Michel-Lévy[3]; ceux-ci ont obtenu un culot de néphéline par simple fusion et recuit au rouge des éléments de ce minéral. La cristallisation est très rapide; il y a prise en masse et formation de belles arborisations, mais si l'on prolonge le recuit, on a des prismes hexagonaux réguliers *m p*, biréfringents à un axe négatif, identiques à ceux des phonolites.

Si l'on introduit un léger excès de silice dans le magma, le culot cristallisé présente au microscope un aspect calcédonieux remarquable. La production de néphéline par fusion simple réussit avec un culot purement sodique aussi bien que

1. *Zeits. d. deuts. geol. Ges.* 1886, t. XXVIII, p. 539.
2. *L. C.*
3. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 961. — *Bul. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 116, et 1880, t. III, p. 118.

si l'on remplace un peu de la soude par de la potasse. Nous avons constaté[1] que l'on peut encore obtenir la néphéline par fusion et recuit de l'outremer du commerce, avec ou sans addition d'un peu de carbonate de potasse; la néphéline est alors empâtée par un peu de matière vitreuse brune sulfurifère, et l'on ne voit se former aucun produit cristallin qui ressemble à l'*haüyne* ou à la *noséane*, substances qui n'ont d'ailleurs jamais été reproduites.

M. Hautefeuille[2], par fusion des éléments de la néphéline dans le vanadate de soude, a reproduit ce minéral en prismes hexagonaux mesurables *mp*; ces cristaux peuvent être obtenus, à volonté, soit purement sodiques, soit légèrement potassiques.

On n'a pu, par aucun procédé, préparer de néphéline purement potassique (pas plus d'ailleurs que de leucite purement sodique).

M. Lemberg[3] a obtenu une masse possédant la composition de la néphéline en chauffant en tube clos de la leucite avec une solution de chlorure de sodium.

PÉTALITE.

$3LiO,4Al^2O^3,30SiO^2$. $Li^6Al^8(Si^2O^5)^{15}$.

M. Hautefeuille[4] a reproduit pour la première fois ce composé par fusion des éléments dans le vanadate lithique. Ce dernier sel ne peut être remplacé par le phosphate ou le tungstate qui donnent de la tridymite et des produits quadratiques moins acides (V. p. 131). Le produit obtenu possède toutes les propriétés du minéral naturel; son aspect est octaédrique.

Cette synthèse a fixé la composition très controversée de la pétalite. On admettait autrefois la formule $LiO,Al^2O^3,8SiO^2$ ou $LiAl(Si^2O^5)^2$ qui faisait de la pétalite le terme le plus acide de la série feldspathique.

MÉIONITE.

$6(Ca,Na)O,4Al^2O^3,9SiO^2$. $(Ca,Na^2)^6Al^8(SiO^4)^6$.

La série des *wernérites* à laquelle appartient la méionite, n'a jamais été obtenue synthétiquement. MM. Fouqué et Michel Lévy[5] ont constaté qu'une roche à wernérite et amphibole fondue et recuite se transforme en une association intime de labrador et d'augite (labradorite augitique).

M. Bourgeois[6] a essayé de reproduire la méionite par simple fusion et recuit. Si l'on opère avec un culot purement calcique $6CaO,4Al^2O^3,9SiO^2$, on n'obtient que des cristaux d'anorthite en petite quantité, tandis que le reste du magma est

1. L. Bourgeois, *Ann. de phys. et de chim.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.
2. *Ann. de l'Éc. norm. sup.*, 1880, t. IX.
3. *Zeitsch. d. deut. geol. Gesellsch.*, 1876, t. XXVIII, p. 539.
4. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 541.
5. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 112.
6. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 228. — *Bull. Soc. Min.*, t. V, p. 15. — *Ann. de phys. et de chim.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.

à peine cristallisé; Si l'on introduit un peu de soude, toute la masse cristallise et fournit un seul minéral quadratique, très arborisé, mais qui se distingue de la méionite naturelle par le signe de sa double réfraction.

Cependant M. Bourgeois a observé, dans un culot provenant de la fusion d'un verre de labrador pur avec des fragments de marbre blanc, des nodules formés d'anorthite associée à un minéral quadratique, assez biréfringent, uniaxe négatif. Les dimensions de ces cristaux atteignent $0^{mm},05$ de long sur $0^{mm},02$ de large. La double réfringence, beaucoup plus forte que dans la gehlénite et la mélilite, l'absence de magnésie, ont porté l'auteur à rapporter ces cristaux à la méionite.

SILICATES HYDRATÉS

ZÉOLITES.

Gisements. — Ces minéraux se présentent dans la nature associés ou non à la calcite et à l'aragonite en filons et en druses, principalement dans les veinules des roches volcaniques; il est certain qu'ils ont pris naissance par l'action sous pression d'eau chaude minéralisée ou pure, sur des matières feldspathiques.

Reproductions accidentelles. — On doit à M. Daubrée[1] de très intéressantes observations sur la genèse des minéraux zéolitiques. Ce savant a constaté qu'ils se forment encore de nos jours par l'action des eaux thermales de Plombières (que l'on sait cependant être peu minéralisées, température 70°) sur des matériaux de construction. Ces observations, qui ont été étendues à plusieurs autres localités où jaillissent des eaux chaudes, Bourbonne-les-Bains, Luxeuil, Saint-Honoré, Hammam-Meskoutine, Bourbon-Lancy (d'après M. Jutier), ont permis de spécifier les espèces suivantes : *chabasie*, *mésotype* $NaO,Al^2O^3,3SiO^2 + 2HO$ ou $Na^2Al(AlO)(SiO^3)^3 + 2H^2O$, *christianite*, *apophyllite*.

Malgré ces données, concordantes de tout point avec celles que fournit l'étude des roches zéolitifères, un petit nombre d'espèces ont été reproduites méthodiquement : en voici l'indication.

APOPHYLLITE.

La synthèse partielle de ce minéral a été réalisée par Wöhler[2] qui, le chauffant avec de l'eau en tube clos à 180°, a vu les cristaux se dissoudre, puis se régénérer par refroidissement.

1. *Géologie expérimentale*, p. 181. — *C. R.*, 1872, t. LXXXIII, p. 421, et 1877, t. LXXXIV, p. 157.
2. *Ann. Chem. Pharm.*, 1847, t. LXV, p. 80.

LÉVYNE.

H. Sainte-Claire Deville[1] a réalisé la synthèse de la lévyne en chauffant en tube clos, entre 150 et 200°, un mélange de silicate de potasse et d'aluminate de soude, de telle manière qu'il y ait deux fois plus d'oxygène dans la silice que dans l'alumine des deux sels en présence. Ceux-ci, dissous dans l'eau, réagissaient l'un sur l'autre en donnant un abondant précipité gélatineux, que l'action de la chaleur transformait peu à peu en lamelles hexagonales régulières, à un axe optique, identiques avec la lévyne. Leur composition est la suivante :

$$SiO^2.44,7;\ Al^2O^3.21,5;\ CaO.0,9;\ NaO.5,5;\ KO.8,5;\ HO.\ 19,7.$$

La lévyne naturelle renferme un peu plus de chaux et moins d'alcalis.

Dans cette expérience, il ne restait que des alcalis en dissolution à la fin de l'opération, mais si l'on chauffe plus fort, une partie de la silice se dépose, de l'alumine reste dissoute et le rendement en lévyne est moins considérable.

CHRISTIANITE OU PHILLIPSITE.

H. Sainte-Claire Deville, en remplaçant, dans l'expérience précédente, la soude par la potasse, a obtenu un produit cristallin très voisin de la phillipsite. Ici encore la chaux du produit naturel est remplacée par la potasse.

ANALCIME.

$NaO,Al^2O^3,4SiO^2 + 2HO.$ $NaAl(SiO^3)^2 + H^2O.$

La synthèse de cette zéolite a été faite par M. A. de Schulten[2], en chauffant à 180° en tube clos, pendant dix-huit heures, une solution de silicate de soude, ou même de soude caustique. L'alumine et la silice du tube de verre où l'on opère, interviennent et donnent de petits cristaux que l'on trouve appliqués contre les parois du tube et noyés dans de la silice gélatineuse. Un lavage avec une solution alcaline les débarrasse de ce revêtement ; l'analyse a conduit à la formule connue. Le diamètre des cristaux est environ de 0mm,1 ; ils offrent de la façon la plus nette l'aspect du trapézoèdre a^2 du système cubique, mais ils agissent très sensiblement sur la lumière polarisée, tout à fait à la façon de certains échantillons du produit naturel. On conclut de l'examen optique que les cristaux pseudo-cubiques de M. de Schulten sont formés de huit cristaux rhomboédriques dont les axes seraient disposés parallèlement aux axes ternaires du cube.

M. de Schulten[3] a également reproduit l'analcime en chauffant à 180°, dans un tube métallique, un mélange de silicate et d'aluminate de soude.

1. *C. R.*, 1862, t. LIV. p. 324. — *L'Inst.*, 1862, p. 101. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXVII, p. 297.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1880, t. III. p. 150. — *C. R.*. t. XC, p. 493.
3. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 96

Il est à remarquer que la cristallisation est beaucoup facilitée par l'introduction d'une trace de chaux. Dans ce cas, le cube domine généralement, associé aux faces a^2, et le produit est parfaitement isotrope.

MM. Friedel et Sarasin[1] ayant chauffé à 400°, dans un tube d'acier, les éléments pesés de l'albite avec de l'eau, en vue d'obtenir ce minéral, ont observé qu'il reste en dissolution du silicate de soude et un peu d'alumine, et qu'il se fait de beaux cristaux d'analcime en icositétraèdres a^2 parfaitement isotropes. Des globules cristallitiques d'analcime accompagnent les cristaux bien formés, et l'on voit aussi un produit zéolitique en très fines aiguilles, à extinctions longitudinales et caractère négatif.

PRODUITS ARTIFICIELS ANALOGUES AUX ZÉOLITES.

H. Sainte-Claire Deville[2] a obtenu par chauffage à 180° d'une solution de silicate de potasse avec de l'aluminate de baryte, un produit cristallin renfermant les éléments de l'*harmotome*, mais dans des proportions différentes de celles qu'offre le produit naturel.

On peut rapprocher des substances zéolitiques, quoique l'alumine y fasse défaut, un *silicate de baryte hydraté* $BaO,SiO^2 + 7HO$ étudié par M. Pisani[3] et par M. Le Châtelier[4]; ce produit se forme à la longue dans les flacons de verre renfermant de l'eau de baryte.

On peut citer encore un silicate hydraté cristallisé préparé par M. de Schulten[5] en chauffant avec de l'eau, en tube clos, à 180°, le précipité formé par addition d'eau de chaux à du silicate de potasse. Il se fait, en même temps qu'un peu de lévyne, de très fines aiguilles dont la composition s'exprime par la formule

$$(Ca,Na,K)O,3\,SiO^2 + 2HO,$$

qui se rapproche un peu de celle de l'*okénite :* $CaO,2SiO^2 + 2HO$.

DIOPTASE.

$CuO,SiO^2 + HO.$ CuH^2SiO^4.

Ce minéral a été reproduit par Becquerel[6] au moyen de la réaction lente d'une solution de silicate de potasse sur une solution de nitrate de cuivre, à travers une feuille de papier-parchemin. On voit se former à la longue, du côté de la solution cuivreuse, des prismes bleus (d^1 p) ayant la composition et les propriétés de la dioptase.

1. *C. R.*, 1883, t. XCVII, p. 290.
2. *L. C.*
3. *C. R.*, 1876, t. LXXXIII.
4. *C. R.*, t. XC, p. 931 et 672.
5. *Bull. Soc. Min.*, 1882, t. V, p. 92. — *C. R.*, t. XCIV, p. 932.
6. *C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 1081.

TITANATES

PÉROWSKITE.

CaO,TiO^2. $CaTiO^3$.

Gisement. — Ce minéral est depuis longtemps connu dans les roches métamorphiques et dans certains filons. De récents travaux, particulièrement celui de M. H. Stelzner [1], ont montré qu'il est assez répandu en très petits cristaux de première consolidation dans les roches basaltiques.

Méthodes de reproduction. — La pérowskite a été reproduite pour la première fois par Ebelmen [2], soit en fondant un fragment calcaire dans un silico-titanate alcalin, soit en évaporant à très haute température un mélange de chaux, d'acide titanique et d'un carbonate alcalin. On obtient ainsi de petits cristaux pseudocubiques portant souvent des facettes octaédriques. La couleur est brunâtre, la densité 4,1. On remarque une action sensible sur la lumière polarisée et de nombreuses lamelles hémitropes comme dans les cristaux naturels.

La pérowskite a été également reproduite par M. Hautefeuille [3] en fondant de l'acide titanique avec de la silice et du chlorure de calcium, sur lequel on fait passer un lent courant d'air ou d'acide carbonique humide et chargé de vapeurs chlorhydriques. La pérowskite se présente en cristaux incolores ou jaunâtres pseudo-cubiques, formés de lamelles hémitropes. Il se fait aussi un peu de rutile en cristaux striés, fusiformes.

M. L. Bourgeois [4], par fusion et recuit des éléments de la pérowskite avec ceux de minéraux silicatés ou de roches basiques diverses, est arrivé à reproduire la pérowskite en petits octaèdres formés au premier temps de consolidation. L'aspect du produit est celui de la pérowskite des roches ; il est fréquent d'observer ce minéral en dendrites analogues à celles du chlorhydrate d'ammoniaque. L'action sur la lumière polarisée est sensible, mais irrégulière. Si le silicate servant de fondant est trop acide, la pérowskite est remplacée par du sphène.

1. *Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, Beilage-Band, t. II, p. 390.
2. *C. R.*, t. XXXII, p. 710, et t. XXXIII, p. 525. — *L'Inst.*, 1851, p. 179 et 369. — *Ann. Chem Pharm.*, t. LXXX, p. 211. — *Chem. Cent.*, 1851, p. 529. — *J. pr. Chem.*, t. LV, p. 342.
3. *Ann. de phys. et de chim.*, 1865, t. IV, p. 154.
4. *Ann. de phys. et de chim.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.

M. Hautefeuille[1] a produit par fusion de l'acide titanique avec du chlorure de magnésium et d'ammonium un *bititanate de magnésie* cristallisé MgO,TiO^2 ou $MgTiO^3$, formant des lamelles rhombiques.

Il a également préparé une série d'*orthotitanates de protoxydes* par fusion des éléments dans le fluorure de la base, additionné ou non de chlorure de sodium.

Ainsi le composé $2MgO,TiO^2$ ou Mg^2TiO^4 forme des octaèdres réguliers transparents; les orthotitanates de fer et de manganèse forment des prismes orthorhombiques m, h^1, h^2, g^1.

Ebelmen a laissé à la collection de l'Ecole des Mines, sans donner de détails sur la composition et le mode d'obtention des produits, des titanates orthorhombiques de magnésie et de sesquioxyde de fer.

On prépare du *bizirconate de chaux ou de magnésie*, MO,ZrO^2 ou $MZrO^3$ par fusion du zircon au rouge blanc avec du chlorure de calcium ou du chlorure de magnésium et d'ammonium. On recueille ainsi des produits cristallisés prismatiques; le zirconate magnésien est toujours accompagné de périclase en octaèdres.

On peut encore obtenir par des procédés semblables le *stannate de chaux* $CaO.SnO^2$ ou $CaSn.O^3$ M. Tschermak[2] l'avait obtenu en aiguilles roses par fusion simple de ses éléments.

M. Ditte[3] par fusion et recuit au rouge blanc de l'acide stannique avec un peu de chaux et un excès de chlorure de calcium, a observé après lessivage à l'acide chlorhydrique des cristaux d'apparence cubique de CaO, SnO^2; ce composé est sans doute isomorphe avec la pérowskite.

1. *L. C.*
2. *Bull. Soc. Chim.*, 1863, p. 256.
3. *C. R.*, 1883, t. XCVI, p. 701.

SILICO-TITANATES

SPHÈNE.

CaO,SiO^2,TiO^2. $CaSiTiO^5$.

Gisement. — Ce minéral se présente dans certains filons, et quelquefois dans les produits de sublimation des volcans ; il a une assez grande importance pétrographique, car il existe en cristaux de première consolidation dans les roches granitoïdes ou gneissiques amphiboliques ainsi que dans les roches trachytiques.

Méthodes de reproduction. — Ebelmen (collection de l'Ecole des Mines) a reproduit le sphène en cristaux prismatiques d'un jaune verdâtre, très allongés, et à terminaison rectangulaire, souvent arborisés, mais il n'a pas donné d'indications sur les détails de son expérience.

M. Hautefeuille[1] a obtenu des cristaux mesurables ($mm = 113^\circ 30'$) de sphène par fusion de trois parties de silice et de quatre parties d'acide titanique avec un excès de chlorure de calcium. Toutes les propriétés sont celles du sphène naturel, $D = 3{,}45$, mais les cristaux ($m\ b\ ^1/_2$) sont extrêmement allongés. Il se fait aussi un peu de rutile. La réaction s'explique par une formation transitoire de chlorure de titane et de silicate de chaux.

L'introduction d'un peu de chlorure de manganèse a donné un sphène rose ou *greenovite*.

M. Hautefeuille n'a pas réussi a obtenir par le même procédé des sphènes MO,SiO^2,TiO^2 à base de magnésie, manganèse, fer, etc.

MM. Fouqué et Michel Lévy ont essayé de faire cristalliser le sphène par fusion de ses éléments avec ceux de l'oligoclase, afin d'imiter le sphène des andésites ; ils n'ont obtenu ainsi le sphène qu'en microlithes presque indéterminables. De même la fusion suivie de recuit des éléments du sphène n'a produit qu'une masse blanchâtre entièrement composée de fins cristallites.

M. L. Bourgeois[2], qui a répété ces expériences, a observé que, dans ces derniers

1. *Ann. de phys. et de chim.*, 4e série, 1865, t. IV, p. 154. — *C. R.*, t. LIX, p. 698. — *L'Inst.*. 1864, p. 337. — *Bull. Soc. Chim.*. t. LXIV, p. 66. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXXIV, p. 165.
2. *Ann. de phys. et de chim.*, 1883, 5e série, t. XIX, et thèse.

cas, il y a prise en masse excessivement brusque, l'état vitreux étant tout à fait instable pour le sphène : c'est ce qui fait que cette espèce s'obtient si difficilement dans ces circonstances sous forme déterminable. Cependant l'examen du culot en lumière polarisée convergente, permet d'apercevoir nettement sur certaines sections des figures d'interférences identiques à celle que donne le sphène.

Le même auteur a en outre remarqué que, dans le cas où la cristallisation a lieu au sein d'autres silicates, il faut que l'acidité de ceux-ci atteigne une certaine limite, pour que le sphène prenne naissance, sans quoi il se fait de la pérowskite.

CARBONATES

CARBONATES RHOMBOÉDRIQUES

CALCITE.

CaO,CO^2. *$CaCO^3$*.

Gisement. — Ce minéral, un des plus importants de la nature, se présente à profusion dans une foule de roches sédimentaires de tous les âges géologiques. On le rencontre dans un grand nombre de filons, ainsi que dans les roches métamorphiques, comme les cipolins. Enfin on le trouve comme produit secondaire, par exemple, dans les fentes et les vacuoles des roches. Il se fait encore des incrustations calcaires de nos jours, dans les *pétrifications* des sources, dans les dépôts accidentels des conduites d'eau. Les cristaux sont ordinairement microscopiques.

Nous renvoyons à des ouvrages spéciaux pour ce qui est de la formation du calcaire et de l'aragonite dans les organismes[1].

Méthodes de reproduction. — Les plus anciens travaux relatifs à la reproduction du calcaire sont ceux de James Hall[2], qui s'y livra en vue d'appuyer de données expérimentales les doctrines géogéniques du Dr Hutton, son maître : ces recherches, qui durèrent de 1798 à 1801, conduisirent leur auteur à la mémorable transformation de la craie en calcaire saccharoïde. Il est superflu de donner de grands détails sur cette opération, connue de tous les chimistes ; il suffit de rappeler qu'elle avait lieu au fond d'un long tube de fer forgé ou de porcelaine que l'on chauffait au rouge vif, tandis que l'autre extrémité située hors des fourneaux restait froide et pouvait être hermétiquement fermée. Quelques heures de chauffe suffisent pour transformer la craie ou d'autres variétés de calcaire amorphe en un agrégat translucide formé de petits rhomboèdres, absolument identiques au calcaire cristallin de la nature. James Hall a répété l'expérience avec le même succès en adjoignant quelques gouttes d'eau au calcaire employé, afin d'accroître la pression.

1. Voir Des Cloizeaux, *Manuel de Minéralogie*, t. II, p. 95.
2. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 1801.

G. Bischof, puis G. Rose et Siemens[1] ont vérifié l'exactitude des faits acquis à la science par J. Hall, lesquels avaient d'abord été mis en doute; ils ont de plus constaté la cristallisation du calcaire même dans des appareils à fermeture incomplète d'où une petite partie de l'acide carbonique avait pu se dégager.

L'explication de ces expériences ressort des travaux de Faraday et de Gay-Lussac et surtout du mémoire capital de M. H. Debray[2] sur la dissociation du carbonate de chaux. Ce mémoire, objet d'un rapport de H. Sainte-Claire Deville[3] à l'Académie des sciences, a été analysé avec de grands développements en divers points de l'*Encyclopédie chimique*, en sorte qu'il est superflu d'y revenir.

La plupart des expériences suivantes ont été faites, par voie humide ; le procédé principal mis en œuvre consiste à évaporer une dissolution de carbonate de chaux dans l'eau chargée d'acide carbonique; cette méthode, très intéressante au point de vue géologique, puisqu'elle explique la formation de nombreuses roches calcaires (travertins, incrustations, etc.), a été suivie par G. Rose[4].

Ce savant a reconnu que l'évaporation du bicarbonate de chaux à froid donne naissance à de la calcite en petits rhomboèdres basés $p\,a^1$ souvent mesurables ; la meilleure disposition à prendre est d'opérer dans un vase à fermeture incomplète. Si la décomposition se fait à chaud, il se forme, en outre de la calcite, une quantité variable d'aragonite.

G. Rose a aussi obtenu du calcaire mêlé d'aragonite par carbonatation lente à l'air de l'eau de chaux, ou du chlorure de calcium additionné d'ammoniaque.

G. Rose a encore reconnu que, le carbonate de chaux amorphe qui se précipite par double décomposition d'un sel de chaux et d'un carbonate soluble, se transforme spontanément en très petits rhomboèdres de calcite.

Dans une autre série d'expériences[5], G. Rose opérait sur un mélange préalablement fondu de carbonate de soude et de chlorure de calcium ou de carbonate de chaux. La masse reprise par l'eau donnait un agrégat grenu qui, en présence de l'eau mère, se changeait, avec le temps, à froid en calcite rhomboédrique.

Des actions lentes peuvent être mises à profit pour la reproduction de la calcite ; c'est ainsi que Becquerel[6] a fait réagir à la longue, sur un morceau de gypse, des dissolutions alcalines caustiques, silicatées ou bicarbonatées ; dans les deux premiers cas, l'acide carbonique de l'air intervient. Le résultat de ces opérations est une pseudomorphose plus ou moins complète du gypse en petits cristaux de calcite. Par l'emploi de solutions concentrées, on voit apparaître de l'aragonite, surtout si l'on opère à chaud sous pression.

MM. Hautefeuille et Margottet[7], en faisant circuler dans de longs tubes légère-

1. *Pogg. Ann.*, t. CXIII, p. 565. — *Ber. Berlin. Akad.*, 1862, p. 669. — *Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesellsch.*, 1863, p. 456. — *Journ. f. prakt. Chem.*, 1863, t. LXXXVIII, p. 256.— *J. f. Min.*, 1863, p. 464, et 1864, p. 364.
2. *C. R.*, 1867, t. LXIV, p. 603, et 1868, t. LXVI, p. 194.
3. *C. R.*, 1873, t. LXXVI, p. 117.
4. *Pogg. Ann.*, 1837, t. XII, p. 553. — *Jahrb. f. Min.*, 1838, p. 332.
5. *Berl. Ac. Ber.*, 1860, p. 365 et 375. — *Pogg. Ann.*, t. CXI, p. 156. — *J. f. prakt. Ch.*, t. LXXXI, p. 383, et t. LXXXII, p. 351. — *J. f. Min.*, 1860, p. 705 et 719. — *L'Inst.*, 1860, p. 416. — *Ch. Centr.*, 1860, p. 817.
6. *C. R.*, t. XXXIV, p. 29, et t. XXXVI, p. 207. — *L'Inst.*, 1852, p. 27, et 1853, p. 41. — *J. f. pr. Ch.*, t. LV, p. 337, et t. LIX, p. 7. — *Edinb. new Phil. J.*, t. LV, p. 190. — *Ann. Ch. Ph.*, t. LXXXIV, p. 199.
7. Expériences inédites.

ment chauffés en quelques points une solution de bicarbonate de chaux, ont vu se former en ces points des dépôts cohérents et bien cristallisés de calcite ; cette expérience offre l'avantage de reproduire le mode de formation de la calcite par les sources minérales et sans doute aussi dans un grand nombre de filons concrétionnés.

M. L. Bourgeois[1] a préparé des cristaux de calcite en projetant dans un bain de chlorures alcalins fondus du carbonate de chaux amorphe; on voit ce dernier sel se dissoudre sans décomposition si la température ne dépasse pas une certaine limite et cristalliser en quelques instants, par refroidissement, avant la solidification des chlorures. Par lessivage on recueille des rhomboèdres basés pa^1, très arborisés et rappelant tout à fait par leurs formes naissantes l'aspect des cristaux de neige. On ne rencontre parmi ces cristaux aucune forme qui puisse être rapportée à l'aragonite. Pour réussir cette préparation, il est très avantageux d'employer un mélange de chlorure de sodium et de potassium, lequel est fusible au rouge sombre.

MM. Miron et Bruneau[2] ont obtenu de beaux rhomboèdres de calcite en faisant agir lentement un courant d'air chargé de vapeurs ammoniacales sur une solution de bicarbonate de chaux ou même sur l'eau de la ville de Paris.

DOLOMIE.

$CaO, CO^2 + MgO, CO^2$. $(Ca, Mg)\, CO^3$.

Gisement. — Ce minéral se trouve parfois dans des filons, mais il constitue le plus souvent des roches métamorphiques ou sédimentaires d'âges très divers.

Reproductions accidentelles. — Il se produit encore sous nos yeux dans certains dépôts de sources calcaires et magnésiennes. M. Moitessier[3] a observé la formation de cristaux de dolomie de 2 à 3^{mm} de longueur, au fond d'un flacon mal bouché rempli d'eau bicarbonatée calcique magnésienne.

Méthode de reproduction. —MM. Favre et de Marignac[4], en chauffant en vase clos à 200 degrés du carbonate de chaux avec une solution de chlorure de magnésium, ont obtenu des cristaux de dolomie associés à des cristaux de giobertite, MgO, CO^2. Si dans cette expérience on remplace le chlorure de magnésium par le sulfate, il se fait, comme l'avait antérieurement fait voir Morlot[5], de la giobertite, du carbonate et du sulfate de chaux, mais pas de dolomie.

La voie sèche a été appliquée par Durocher[6] à la cristallisation de la dolomie. Ce savant chauffait au rouge sombre, dans un canon de fusil bien clos, des morceaux de calcaire poreux avec du chlorure de magnésium anhydre. Le calcaire se

1. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 991. — *Bull. Soc. Min.*, t. V, p. 111. — *Ann. de phys. et de chim.*, 1883 (5), t. XIX, et thèse.
2. *C. R.*, 1881, t. XCV, p. 182.
3. *Procès-verb. de l'Académie de Montpellier*, 1863, p. 18.
4. *Arch. des Sc. nat. Genève*, 1849, t. X, p. 177.
5. *Jahresb.*, 1848-49, p. 1291.
6. *C. R.*, 1851, t. XXXIII. p. 64. — *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXX, p. 133.

transforme ainsi en une masse de dolomie cristalline à texture grenue, très légèrement ferrugineuse.

M. Sterry Hunt[1] a obtenu de la dolomie en chauffant un mélange de carbonate de chaux et de magnésie avec une solution de chlorure de sodium ou de calcium ou encore de carbonate de soude. De petits cristaux de giobertite accompagnent la dolomie.

Le même auteur a constaté[2] que les chlorures de calcium et de magnésium précipités simultanément à chaud par le carbonate de soude fournissent un dépôt qui, laissé quelques jours à froid en digestion avec son eau mère, se transforme en sphérolithes cristallins de la formule $CaO, CO^2 + MgO, CO^2 + 5HO$.

M. Sterry Hunt a encore chauffé en vase clos à 200 degrés du carbonate de chaux avec une solution de chlorure de magnésium, et obtenu de la dolomie et de la giobertite. Le remplacement dans cette expérience du chlorure par le sulfate fournit de la calcite et de la giobertite séparées. L'emploi du bicarbonate de chaux vis-à-vis du sulfate de magnésie donne lieu à la formation de dolomie et de gypse.

Réciproquement, la dolomie a été préparée par M. Hoppe-Seyler[3] en chauffant à 100° en tube scellé du carbonate de chaux avec une solution de bicarbonate de magnésie; il se fait d'autant plus de dolomie que la température est plus élevée.

GIOBERTITE.

MgO, CO^2. *$MgCO^3$*.

Gisement. — La giobertite ou magnésite est un minéral des filons ou des gîtes métamorphiques assez rare à l'état de pureté.

Méthodes de reproduction. — Nous venons de voir qu'elle prend naissance dans les expériences de Morlot, de MM. Favre et de Marignac.

La giobertite a été obtenue à l'état de sable formé de petits rhomboèdres par de Sénarmont[4]; ce savant faisait agir dans un tube à 160° deux solutions de sulfate de magnésie et de carbonate de soude, ou encore de chlorure de magnésium et de bicarbonate de soude.

H. Rose[5] a examiné le produit de l'évaporation du bicarbonate de magnésie et a trouvé qu'il offre la composition de la giobertite, mais s'en distingue par sa forme cristalline rhombique à la façon de l'aragonite.

M. Sterry Hunt[6] a préparé de la giobertite sous sa forme habituelle en chauffant sous pression du carbonate de magnésie amorphe avec de l'eau. Il obtient encore le même sel en faisant réagir à 200° le carbonate de chaux sur le chlorure ou le sulfate magnésiques.

1. *Silliman Ann. J.* (2), t. XXVIII, p. 170 et 365. — *C. R.*, t. XLVIII, p. 1003. — *L'Inst.*, 1849, p. 177.
2. *Silliman Ann. J.* (2), t. XLII, p. 49. — *Zeitschr. Chem.*, 1866, p. 512. — *Jahresb.*, 1866, p. 177.
3. *Zeits. d. deutsch. geol. Gesellsch.*, 1875, t. XXVII, p. 509.
4. *C. R.*. 1851, t. XXXII, p. 409.
5. *Pogg. Ann.*, 1860, t. XLII, p. 366.
6. Sterry Hunt, *Chemical and Geological Essays*, p. 33, 90 et 243.

SMITHSONITE.

ZnO, CO^2. *$ZnCO^3$.*

Gisement. — La smithsonite est un minéral de filons ou d'amas concrétionnés; elle est presque toujours accompagnée de calamine.

Méthodes de reproduction. — De Sénarmont[1] a obtenu la smithsonite en poudre grenue très finement cristalline par réaction en tube clos à 180° du sulfate de zinc avec le carbonate de soude ; les cristaux sont mieux formés si l'on substitue aux réactifs précédents le chlorure de zinc et le carbonate de chaux.

G. Rose[2] a constaté que le sulfate de zinc précipité par le bicarbonate de potasse en excès, laisse déposer un hydrocarbonate qui, en présence de l'eau mère, se transforme spontanément au bout de quelques jours, en petits rhomboèdres de smithsonite.

Nous avons nous-même observé la formation de très petits rhomboèdres, d'une netteté parfaite sur les parois d'un tube scellé, dans lequel nous avions chauffé à 100° du zinc métallique avec de l'eau de Seltz.

DIALLOGITE.

MnO, CO^2. *$MnCO^3$.*

Le carbonate de manganèse est un minéral de filons assez rare. Il a été reproduit par de Sénarmont[3] sous forme de poudre cristalline rose pâle, en chauffant en tube clos à 160°, pendant quelques jours, un mélange de chlorure de manganèse et de carbonate de soude en solution aqueuse. On peut aussi remplacer dans cette préparation le carbonate de soude par celui de chaux.

SIDÉROSE.

FeO, CO^2. *$FeCO^3$.*

Gisements. — La sidérose ou fer spathique est un minéral des filons concrétionnés et quelquefois des filons stannifères. On la trouve encore en nodules concrétionnés dans certains terrains sédimentaires.

Reproductions accidentelles. — Le fer carbonaté a été observé par M. Daubrée[4] à l'état de cristallisation accidentelle dans les substructions romaines des sources thermales de Bourbon-l'Archambault.

Méthodes de reproduction. — La synthèse de la sidérose a été effectuée par de

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409.
2. Gmelin, *Handb. der Chemie*, 5e édit., t. III, p. 515.
3. *C. R.*. 1851, t. XXXII, p. 409.
4. *Géologie expérimentale*. p. 94.

Sénarmont[1] au moyen de sa méthode habituelle. Ce savant chauffait en vase clos vers 160°, pendant quelques jours, une solution aqueuse renfermant du sulfate de fer et du carbonate de soude ou encore du protochlorure de fer et des morceaux de carbonate de chaux. Il se fait un sable cristallin formé de petits rhomboèdres transparents, peu altérables à l'air et très résistants aux acides.

Durocher[2] est arrivé au même résultat à la même époque, par un tout autre procédé. Il faisait réagir au rouge, dans un canon de fusil, des vapeurs de carbonate d'ammoniaque et de protochlorure de fer; le fer spathique ainsi produit se présente en rhomboèdres translucides d'un gris clair.

SPHÉROCOBALTITE.

CoO,CO^2. *$CoCO^3$*.

Le carbonate de cobalt, tout récemment signalé dans la nature, avait été reproduit sous forme de très petits rhomboèdres rose foncé, souvent agrégés en sphérolithes, par de Sénarmont[3], au moyen de son procédé habituel.

Le même savant a obtenu dans des circonstances tout à fait semblables de très petits rhomboèdres verts de *carbonate de nickel* NiO,CO^2, espèce qui n'a pas été signalée dans la nature.

CARBONATES ORTHORHOMBIQUES.

ARAGONITE.

CaO,CO^2. *$CaCO^3$*.

Gisements. — L'aragonite est connue dans quelques filons, mais elle se présente surtout à l'état de concrétions formées dans certains terrains sédimentaires ou dans les vacuoles des roches. Les sources bicarbonatées chaudes l'abandonnent encore de nos jours.

Reproductions accidentelles. — On a signalé[4] dans une chaudière de cuivre de Port-Eliot des cristaux déterminables d'aragonite atteignant 2 cm.; $D = 2,849$.

Les dépôts calcaires qui se forment dans les tuyaux de conduite, les *pétrifications* des sources incrustantes, renferment parfois de l'aragonite en outre du calcaire, mais les dimensions sont presque toujours très petites. (Voir du reste *Calcite*.)

Méthodes de reproduction. — Dans les expériences de G. Rose dont nous avons parlé plus haut (voir *Calcite*), l'aragonite se produit concurremment avec le carbonate

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXX, p. 133.
2. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 823.
3. *L. C.*
4. *London Chem. Soc.*, mai 1841. — *Phil. Mag.*, t. XIX, p. 330. — *L'Inst.*, t. IX, p. 393.

rhomboédrique. Il résulte des essais très nombreux et très variés de ce savant, que l'aragonite exige pour cristalliser soit une température un peu élevée, soit une concentration suffisante des liqueurs. La calcite se forme au contraire, soit à froid, soit en solution très étendue.

G. Rose en particulier a obtenu des cristaux déterminables d'aragonite en faisant réagir à froid par diffusion très lente des solutions concentrées de chlorure de calcium et de carbonate de soude.

La précipitation à chaud d'un sel de chaux par le carbonate d'ammoniaque donne un dépôt formé de très petits prismes d'aragonite, souvent maclés trois à trois suivant m ; ils sont accompagnés d'un peu de calcite. En présence de leur eau mère, ils se changent spontanément en calcite.

Becquerel a également obtenu de l'aragonite dans ses expériences sur les pseudomorphoses du gypse, au moyen du carbonate de soude, toutes les fois qu'il opérait avec des solutions concentrées. Lorsque la réaction se fait en tube clos à chaud, la production de l'aragonite a lieu infailliblement.

Un travail important a été publié par Credner [1] sur les conditions de la formation de l'aragonite et de la calcite ; ce savant a montré que des traces de gypse, de strontiane ou de plomb favorisent la formation de l'aragonite.

Tout récemment, M. Schützenberger a présenté à la Société chimique de Paris de très importantes considérations sur l'évaporation du bicarbonate de chaux ; l'aragonite se distingue de la calcite par un très léger excès d'acide carbonique. Le mémoire n'a pas d'ailleurs encore été publié.

Nous renvoyons du reste pour toute cette question à ce qui a été dit dans le courant de l'ouvrage à l'article *Calcium*.

STRONTIANITE.

StO,CO^2. $StCO^3$.

La strontianite est un minéral de filons.

La précipitation des sels de strontiane par le carbonate d'ammoniaque donne, si elle est faite à chaud, des prismes rhombiques de strontianite, offrant la forme de l'aragonite.

On peut encore obtenir des cristaux de strontianite en suspendant au sein d'un mélange d'eau de strontiane et de lessive de potasse, un sachet contenant des cristaux d'hydrate strontianique; la formation du carbonate cristallisé a lieu aux dépens de l'acide carbonique de l'air.

M. L. Bourgeois [2] a préparé la strontianite par voie sèche en fondant du carbonate de strontiane amorphe avec du chlorure de sodium ou de potassium en excès; le produit forme des prismes arborisés, allongés suivant h^1 g^1 avec pointement $e^{1/2}$.

1. *Chem. Centr.*, 1870, n. 26.
2. *C. R.*, 1882, t. XCIV, p. 991. — *Bull. Soc. Min.*, t. V, p. 111. — *Ann. de chim. et de phys.* (5), t. XIX, et thèse.

WITHÉRITE.

BaO,CO². *BaCO³.*

La withérite est un minéral de filons.

Elle s'obtient sous forme de prismes microscopiques semblables à l'aragonite, lorsqu'on précipite soit à chaud, soit à froid, le chlorure de baryum par le carbonate d'ammoniaque.

On peut encore, comme pour la strontianite, exposer à l'air un vase renfermant de l'eau de baryte additionnée de potasse et dans lequel on a suspendu un sachet contenant des cristaux d'hydrate de baryte.

M. L. Bourgeois [1] a obtenu la withérite par voie sèche. Il fondait soit du carbonate de soude avec du chlorure de baryum, soit du carbonate de baryte amorphe avec du chlorure de sodium ou de potassium en excès. Le produit se présente soit en tables hexagonales $p\ m\ g^1\ e^{1/2}$ avec nombreuses lamelles hémitropes suivant m, et axes optiques très rapprochés s'ouvrant dans le plan h^1 avec bissectrice négative perpendiculaire à p; soit avec la forme de la strontianite obtenue par le même procédé, c'est-à-dire en prismes arborisés et allongés suivant $h^1\ g^1$ avec pointement $e^{1/2}$.

M. Fremy [2] a fait cristalliser le carbonate de baryte par double décomposition lente au travers d'une cloison poreuse.

MM. Miron et Bruneau [3] ont obtenu de la withérite en prismes rhombiques en décomposant une solution de bicarbonate de baryte par des vapeurs ammoniacales.

ALSTONITE.

BaO, CO² + CaO, CO². *(Ba, Ca) CO³.*

M. L. Bourgeois [4] a préparé des mélanges isomorphes de carbonate de chaux et de baryte à équivalents égaux, cristallisés dans le système orthorhombique, mais pseudohexagonaux et optiquement uniaxes négatifs, par recuit simultané des deux carbonates dans les chlorures alcalins.

Il est à remarquer que la *barytocalcite*, espèce dimorphe de l'alstonite, cristallisant en prismes clinorhombiques, n'a pas été reproduite.

CÉRUSE.

PbO,CO². *PbCO³*

Gisements. — La céruse est un minéral des filons; on la trouve surtout à la

1. *L. C.*
2. *C. R.*, 1866, t. LXVII, p. 714.
3. *C. R.*, 1882, t. XCV, p. 182.
4. *L. C.*

partie supérieure de ceux-ci, comme produit secondaire provenant de l'oxydation et de la carbonatation d'autres minerais de plomb.

Reproductions accidentelles. — M. Daubrée[1] a trouvé des enduits cristallins de céruse à la surface d'objets en plomb, longtemps enfouis dans les substructions des thermes de Bourbonne-les-Bains.

Becquerel a fait placer dans la collection minéralogique du Muséum une lame de plomb provenant du tombeau de Théodoric, laquelle se montre incrustée de céruse en très petits cristaux.

M. A. Lacroix[2] a signalé encore la céruse en mamelons cristallins ou petits cristaux aplatis striés avec cuprite et hydrocarbonates de cuivre, sur des monnaies romaines trouvées en Algérie.

Von Dechen[3] a trouvé des enduits de carbonate de plomb cristallisé sur les parois de la galerie Elisabeth à la mine de plomb de Commern, laquelle était abandonnée depuis un siècle.

De beaux prismes orthorhombiques de céruse ont été accidentellement obtenus par Drevermann[4]; celui-ci avait fait réagir mutuellement par diffusion lente des solutions de nitrate de plomb et de chromate de potasse en vue d'obtenir la crocoïse PbO,CrO^3. Soit qu'il y eût eu intervention de l'acide carbonique de l'air, soit que les produits renfermassent des carbonates, Drevermann recueillit, outre la crocoïse, des cristaux de carbonate plombique.

Méthodes de reproduction. — Un courant d'acide carbonique agissant sur une dissolution d'acétate neutre de plomb, donne naissance à un précipité cristallin de $PbO.CO^2$. La réaction est limitée.

Becquerel[5] a vu se former des cristaux de céruse par réaction prolongée à froid de la galène sur le bicarbonate de soude.

M. Fremy[6] a obtenu de la céruse cristallisée par réaction lente au travers d'une cloison poreuse, de sels capables de donner du carbonate de plomb.

Des cristaux mesurables $m\ g^1 e^1$ de céruse en prismes hexagonaux orthorhombiques ont été préparés par M. Riban[7] au moyen de la décomposition en vase clos à 175° du formiate de plomb en solution aqueuse.

1. *Géologie expérimentale*, p. 79.
2. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 176.
3. *Niederrhein. Ges. für Naturkunde*, 1er avril 1857. — *Jahrb. f. Min.*, 1858, p. 216.
4. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXVII, p. 120, et t. LXXXIX, p. 39. — *Phil. Mag.*, t. VI, p. 453.
5. *C. R.*, 1866, t. LXIII, p. 1.
6. *C. R.*, 1866, t. LXIII, p. 714.
7. *C. R.*, 1880, t. XCIII, p. 1026. — *Bull. Soc. Chim.*, t. XXXVIII, p. 108.

CARBONATES HYDRATÉS.

KALICINE.

$KO,HO,2CO^2$. $KHCO^3$.

Ce sel s'obtient facilement cristallisé par voie de dissolution aqueuse.

TESCHÉMACHÉRITE.

$AzH^4O,HO,2CO^2$. AzH^4,HCO^3

Ce minéral a été signalé dans le guano; plusieurs procédés permettent de l'obtenir cristallisé (voie aqueuse ou sublimation).

MM. Vogel, Schrötter et Rüdorff[1] l'ont signalé en prismes rhombiques courts, très brillants, efflorescents, dans un épurateur à gaz.

NATRON.

NaO,CO^2+10HO. $Na^2CO^3+10H^2O$.

Ce sel se présente dans la nature à l'état d'efflorescences salines. Tout le monde sait qu'il cristallise très facilement dans l'eau par refroidissement; les fabriques de soude surtout le livrent en magnifiques prismes clinorhombiques très efflorescents (*cristaux de soude*) formés des faces g^1 m $d^{1/2}$.

THERMONATRITE.

NaO,CO^2+HO. $Na^2CO^3+H^2O$.

Ce sel cristallise avec la forme orthorhombique des cristaux naturels, par évaporation entre 25 et 37° d'une solution de carbonate de soude, ou encore lorsque l'on fond les cristaux de soude dans leur eau de cristallisation. Le résidu de l'efflorescence desdits cristaux à l'air est constitué par un agrégat de petits prismes de thermonatrite.

URAO OU TRONA.

$2NaO,HO,3CO^2+3HO$. $Na^2CO^3+2(NaHCO^3)+3H^2O$.

On obtient[2] ce sel en prismes clinorhombiques identiques à ceux de la nature par évaporation d'une solution de bicarbonate de soude, sous une cloche desséchante,

1. *Bull. Soc. chim.*, t. XIV, p. 94.
2. *Gilbert's Ann.*, t. LXXII, p. 215.

ou encore quand on laisse refroidir la dissolution de ce sel après l'avoir fait bouillir. On voit que le sesquicarbonate se produit par évaporation du bicarbonate.

Il prend encore naissance par synthèse; il suffit d'évaporer lentement une solution dans l'alcool faible de carbonate neutre et de bicarbonate à équivalents égaux; on recueille simultanément des cristaux de bi- et de sesquicarbonate.

Hermann[1] a fondu en grand un mélange de ces deux sels et exposé le culot à l'air humide; celui-ci s'est transformé en un amas cristallin de sesquicarbonate, dans les cavités duquel se voyaient de beaux cristaux du même sel.

GAYLUSSITE.

$NaO,CO^2+CaO,CO^2+5HO.$ $Na^2Ca(CO^3)^2+5H^2O.$

La gaylussite est principalement un dépôt d'eaux minérales.

M. Fritzsche[2] a obtenu ce carbonate double par voie de synthèse en laissant longtemps du carbonate de chaux récemment précipité avec une solution concentrée de carbonate de soude. On peut encore, d'après le même auteur, mélanger 10 parties d'une solution concentrée de carbonate de soude avec 1 partie d'une solution concentrée de chlorure de calcium, et abandonner le tout à lui-même: M. Fritzsche a analysé les cristaux qui prennent naissance et M. von Kokscharow[3] en a fait la détermination cristallographique.

Ce sont des prismes clinorhombiques présentant, lorsque la cristallisation a été brusque, les faces m $b^{1/2}$, et lorsqu'elle s'est faite lentement, les faces $b^{1/2}$ $d^{1/2}$. Il y a identité avec la gaylussite naturelle.

MM. Alph. Favre et Ch. Soret[4] ont obtenu des cristaux mesurables de gaylussite en abandonnant du calcaire avec des matières organiques (un limaçon et des morceaux de bois) dans une solution de silicate de soude. Les cristaux possèdent les faces p m h^1 g^1 e^1 b^1; la face h^1 n'existe pas dans la nature.

AZURITE.

$2(CuO,CO^2)+CuO,HO.$ $Cu^3(HO)^2(CO^3)^2.$

Gisements. — L'azurite se présente à la partie supérieure des filons comme produit d'oxydation ou en dépôts concrétionnés dans des terrains sédimentaires.

Reproductions accidentelles. — L'azurite se présente fréquemment avec malachite à la surface des objets de bronze ayant subi un long enfouissement.

De beaux échantillons s'observent, notamment au Musée des Antiques de Naples, sur des vases provenant pour la plupart de Pompéi. Tout récemment, M. A. Lacroix[5]

1. *Bull. Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou*, 1857, t. XXX, p. 545. — *Jahrb. f. Min.*, 1859, p. 446. — *J. pr. Chem.*, t. XXVI, p. 312.
2. *Zeitsch. Chem. Pharm.*, 1864, p. 583.— *J. pr. Chem.*, t. XCIII, p. 339. — *Jahresb.*, 1864, p. 190.
3. *Bull. Acad. Saint-Pétersbourg*, 1864, t. VII, p. 580.
4. *Bull. Soc. Min.*, t. IV, p. 168.
5. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 176.

a signalé l'azurite et la malachite avec cuprite et céruse sur des monnaies romaines trouvées en Algérie.

Méthodes de reproduction.—Becquerel[1] a obtenu des masses mamelonnées d'azurite et de malachite en chauffant en tube scellé, vers 125°, du sulfate de cuivre avec du carbonate de soude ou encore du chlorure de cuivre avec des fragments calcaires.

Des sphérolithes d'azurite bien plus parfaits ont été préparés par M. Debray[2]; ce savant chauffait une solution de nitrate de cuivre avec des fragments de craie. Une pression de 2 à 3 atmosphères est nécessaire, mais elle ne doit pas dépasser 7 à 8 atmosphères; la température ne doit pas non plus être excessive, sans quoi l'azurite se détruirait. Le dépôt a lieu à la surface des fragments; il se fait d'abord une croûte verte d'azotate tribasique qui se transforme à son tour en hydrocarbonate.

M. Debray a montré en outre qu'on obtient des cristaux bleus en chauffant en tube scellé à 160° du nitrate tribasique de cuivre avec du bicarbonate de soude en excès, mais que ceux-ci ne sont pas de l'azurite, mais un carbonate de soude et de cuivre NaO,CO^2+CuO,CO^2.

Becquerel[3] a obtenu ultérieurement des cristaux clinorhombiques bien nets d'azurite, en laissant réagir lentement à froid le bicarbonate de soude sur un mélange de craie et d'azotate basique de cuivre.

Signalons encore un produit remis par M. d'Hervey de Saint-Denis à l'examen de MM. Fouqué et Michel Lévy[4]; c'est une matière colorante fabriquée industriellement en Chine par un procédé inconnu. Le microscope la montre entièrement composée de petits prismes clinorhombiques d'azurite, de $0^{mm},1$ de long sur $0^{mm},05$ de large. Ils sont légèrement dichroïques et leurs angles d'extinction atteignent 35° par rapport à la longueur.

MALACHITE.

CuO,CO^2+CuO,HO. $(CuOH)^2CO^3$.

Gisements. — La malachite est un minéral secondaire des filons, on le trouve à l'état de masses concrétionnées; il est très rare de rencontrer des cristaux bien déterminables.

Reproductions accidentelles. — On le trouve fréquemment en masses fibreuses à la surface des objets de cuivre longtemps enfouis dans le sol. (Voir *Azurite.*)

1. *C. R.*, t. XXXIV, p. 573, et XLIV, p. 938. — *L'Inst.*, 1852, p. 121, et 1857, p. 159. — *J. pr. Chem.*, t. LVI, p. 47. — *Ch. Centr.*, 1857, p. 586. — *Edinb. new Phil. J.*, t. LV, p. 190. — *Phil. Mag.* (4), t. XIV, p. 76. — *Jahresb.*, 1857, p. 2.
2. *C. R.*, 1859, t. XLIX, p. 218. — *L'Inst.*, 1859, p. 245. — *Phil. Mag.* (4), t. XVIII, p. 397. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXIV, p. 155. — *Jahresber.*, 1859, p. 214.
3. *C. R.*, 1866, t. LXIII, p. 1.
4. *Synthèse des Minéraux et des Roches*, p. 215.

Méthodes de reproduction. — On obtient facilement, dans les laboratoires, des matières amorphes ayant la composition de la malachite, par exemple la poudre verte qui se forme par précipitation à *chaud* d'un sel de cuivre par le carbonate de soude ou de potasse, encore le *vert-de-gris* provenant de l'oxydation spontanée du cuivre à l'air.

De Sénarmont[1] a obtenu un précipité pulvérulent de malachite, en opérant à 200°, en tube scellé, la précipitation des sels de cuivre par le carbonate ou le bicarbonate de soude. Il est arrivé au même résultat en faisant réagir dans les mêmes circonstances le calcaire en fragments sur le chlorure de cuivre.

Becquerel[2] a répété cette dernière expérience; de plus, ayant obtenu de la brochantite par réaction du calcaire sur le sulfate de cuivre à chaud, il a transformé ce sulfate basique en malachite mamelonnée; il chauffait en tube clos à 125° environ, la brochantite avec du bicarbonate de soude. Un liquide très volatil introduit dans le tube servait à donner une très forte pression.

Aucun de ces divers procédés ne fournit la malachite en cristaux déterminables.

CHLOROCARBONATES.

PHOSGÉNITE.

PbO,CO^2+PbCl. $(PbCl)^2CO^3$.

Gisement. — C'est un minéral qui se forme à la partie supérieure des filons plombifères, par voie d'altération.

Reproductions accidentelles. — M. Daubrée[3] a signalé la phosgénite en prismes quadratiques optiquement uniaxes, sur des objets de plomb longtemps enfouis dans les substructions des thermes de Bourbonne-les-Bains. On remarque les faces m h^1 également développées et le clivage p.

Méthodes de reproduction. — MM. Friedel et Sarasin[4] ont obtenu la phosgénite en tables carrées ou octogonales très nettes, en chauffant avec de l'eau à 180°, en tube clos, un mélange de chlorure et de carbonate de plomb.

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 409. — *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXXII, p. 129. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 212.
2. *L. C.*
3. *Géologie expérimentale*, p. 79.
4. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 176.

SULFATOCARBONATES.

LEADHILLITE.

$3(PbO,CO^2)+PbO,SO^3$. $3PbCO^3,PbSO^4$.

Ce minéral possède le même gisement que le précédent; il a été obtenu par MM. Friedel et Sarasin[1] par chauffage à 180°, en tube clos, d'un mélange de carbonate et de sulfate de plomb avec de l'eau. Les cristaux possèdent la forme orthorhombique pseudohexagonale des échantillons naturels.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 121.

SÉLÉNITES

CHALCOMÉNITE.

CuO,SeO^2+2HO. $CuSeO^3+2H^2O$.

Gisement. — Ce minéral, tout nouvellement découvert par M. Des Cloizeaux, et étudié par M. Damour, est un produit filonien très rare provenant vraisemblablement de l'oxydation du séléniure de plomb ou clausthalite.

Méthodes de reproduction. — La chalcoménite a été reproduite peu de temps après avoir été découverte dans la nature, par MM. Friedel et Sarasin[1]. Après avoir préparé du sélénite de cuivre amorphe en précipitant du sulfate cuivrique par le sélénite de potasse, ces expérimentateurs le chauffaient en vase clos à 200° avec de l'eau. Il se forme ainsi des prismes clinorhombiques transparents, bleus, possédant toutes les propriétés de la chalcoménite naturelle. Leur forme se compose de faces h^1, m, p et $\delta = (d^{1/3} d^{1/5} h^1)$. On a pu mesurer les angles $m\,\delta = 144°$, $p\,\delta = 125°$ à $126°$.

Les mêmes auteurs ont essayé de reproduire la chalcoménite à froid par double décomposition très lente. Ils faisaient réagir au travers d'un tube fêlé deux solutions, l'une de sulfate de cuivre, l'autre de sélénite de potasse. Mais ce procédé leur a fourni une variété dimorphe de la chalcoménite, se présentant en prismes orthorhombiques $m\ p\ g^1\ a^1\ e^1\ b^{1/2} a^2 e^2$, on a $m\ m = 84°26'$, et par-dessus p, $a^1\ a^1 = 107°42'$, $e^1\ e^1 = 99°10'$.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 176 et 225.

BORATES

BORAX OU TINKAL.

$NaO,2BoO^3+10HO.$ $Na^2Bo^4O^7+10H^2O.$

Ce composé cristallise, comme on sait, dans les laboratoires ou dans l'industrie par voie de solution aqueuse en prismes clinorhombiques identiques au borax naturel ou tinkal. Faces observées : $h^1\ g^1\ p\ m\ b^1\ b^{1/2}\ e^{1/2}$. Le borax octaédrique à 5HO n'existe pas dans la nature. (Voir du reste l'article *Sodium.*)

BORACITE.

$3MgO,4BoO^3+\frac{1}{2}MgCl.$ $Mg^7Bo^{16}Cl^2O^{30}.$

Gisement. — La boracite se présente dans la nature au milieu de terrains stratifiés avec gypse, anhydrite et sel gemme; elle s'est évidemment formée par voie aqueuse; néanmoins on n'est pas encore parvenu à la reproduire en se servant d'un procédé analogue.

Méthodes de reproduction. — M. Heintz [1] a reproduit la boracite par fusion d'acide borique avec du chlorure de sodium et de magnésium en excès et une certaine quantité de borate de magnésie; après lent refroidissement de la masse on recueille par lessivage un mélange d'octaèdres et de tétraèdres réguliers très pyroélectriques de boracite avec une proportion plus ou moins grande de borates prismatiques. Ceux-ci se dissolvant dans l'acide chlorhydrique concentré froid, tandis que la boracite est insoluble dans ce réactif, l'analyse a pu être faite.

Les propriétés optiques n'ont pas été spécifiées par M. Heintz.

Nous avons répété l'expérience de M. Heintz en fondant un mélange de chlorures de sodium et de magnésium ou plus simplement de chlorure de sodium et de sulfate de magnésie et projetant dans la masse au rouge vif quelques fragments de borax vitreux; on laisse aussitôt refroidir le creuset, et l'on extrait la boracite comme précédemment. Le rendement est très inégal, car la boracite fondue seule ou dans le chlorure

1. *Pogg. Ann.*, 1860, t. CX, p. 613. — *Jahrb. f. Min.*, 1861, p. 81. — *Berl. Acad. Ber.*, 1860. p. 466. — *J. pr. Chem.*, t. LXXX, p. 252. — *Jahresb.*, 1860, p. 123.

de sodium se détruit et se change en borates prismatiques. Le boracite se présente en tétraèdres, agissant sur la lumière polarisée ; cette action varie peu avec la température jusqu'à 200°. Un tétraèdre reposant par une de ses faces sur le porte-objet entre les nicols croisés paraît divisé en 3 secteurs par les rayons du triangle équilatéral, et chaque secteur s'éteint suivant le côté correspondant.

ALUMINATES, FERRITES, CHROMITES

Voir au chapitre des *Oxydes*, p. 69-79.

SULFATES ET CHROMATES

SULFATES ET CHROMATES ANHYDRES.

GLASÉRITE.

KO, SO^3. K^2SO^4.

Le sulfate de potasse naturel est un minéral des fumerolles.

On sait qu'il cristallise aisément dans les laboratoires ou dans l'industrie, au sein d'une solution aqueuse, par refroidissement ou évaporation. Il se fait des cristaux orthorhombiques $m g^1 b^{1/2} e^1$, présentant souvent des hémitropies suivant m à la façon de l'aragonite. Le sulfate de potasse offre au plus haut degré des phénomènes de symétrie pseudo-hexagonale qui ont été spécialement étudiés par M. Er. Mallard[1].

La cristallisation du sulfate de potasse peut s'effectuer aussi au rouge cerise par voie de fusion ignée suivie de refroidissement.

Il y a identité de forme entre les échantillons artificiels et ceux de la nature; les uns et les autres peuvent renfermer du sulfate de soude à l'état de mélange isomorphe.

TARAPACAÏTE.

KO, CrO^3. K^2CrO^4.

Le chromate de potasse a été récemment trouvé dans la nature accompagnant le nitrate de soude du Chili; on l'obtient aisément par voie aqueuse en prismes orthorhombiques isomorphes avec le sulfate de potasse.

MASCAGNINE.

AzH^4O, SO^3. $(AzH^4)^2SO^4$.

C'est un minéral des fumerolles; la voie aqueuse fournit le sulfate d'ammo-

1. *Bull. Soc. Min.*, 1882, t. V, p. 219.

niaque cristallisé en prismes orthorhombiques isomorphes avec les deux sels précédents.

THÉNARDITE.

NaO, SO^3. Na^2SO^4.

La thénardite se rencontre dans les fumerolles, ou encore en amas dans certains gîtes salifères.

On peut obtenir dans les laboratoires des cristaux identiques à la thénardite, au moyen de divers procédés.

L'évaporation d'une solution saturée de sulfate de soude s'effectuant au-dessus de 33° fournit des cristaux de sulfate anhydre en octaèdres orthorhombiques. On obtient le même corps en fondant le sulfate hydraté cristallisé $NaO, SO^3 + 10 HO$ dans son eau de cristallisation ; il se fait un précipité de thénardite.

Le sulfate de soude est encore susceptible de cristalliser par fusion ignée au rouge suivie de refroidissement.

Enfin, c'est à la thénardite qu'il faut rapporter la poudre cristalline blanche provenant de l'efflorescence des cristaux de sulfate à 10 HO.

GLAUBÉRITE.

$NaO, SO^3 + CaO, SO^3$. $Na^2Ca(SO^4)^2$.

La glaubérite est un minéral des gîtes salifères.

Berthier a le premier, obtenu des cristaux de glaubérite par fusion simple de ses éléments.

Fritzsche[1] a reproduit la glaubérite par évaporation au-dessus de 80° d'une solution de 50 parties de sulfate de soude cristallisé dans 25 parties d'eau avec une partie de gypse obtenu par précipitation.

On peut encore, d'après le même auteur, préparer des cristaux de glaubérite identiques avec ceux de Villarubia, en chauffant avec du gypse à 80° de l'acide sulfurique monohydraté étendu de deux fois son volume d'eau et saturé à froid de sulfate de soude.

BARYTINE.

BaO, SO^3. $BaSO^4$.

Gisement. — La barytine est un minéral de filons.

Reproductions accidentelles. — On a signalé[2] de petits cristaux jaunâtres de barytine formés dans les tuyaux de conduite de l'établissement thermal militaire de Karlsbad.

1. *Bull. Acad. Saint-Pétersbourg*, t. XVI, p. 123. — *J. pr. Chem.*, t. LXXII, p. 291. — *Jahresb* 1855, p. 144.
2. *Jahrb. d. k.k. Geol. Reichsanst.*, 1854, p. 142.

Le même fait a été constaté dans les dépôts de sources de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme).

M. F. Becke[1] a observé des cristaux de barytine atteignant 4^{cm} et remarquables par leur perfection (formes $g^1 a^1 e^1 h^5 b^{1/2} a_3 (b^{1/3} b^{1/5} h^1)(b^1 b^{1/3} h^{1/2}) h^1 p$) dans les conduits des eaux minérales de Teplitz (Bohême).

Méthodes de reproduction. — La barytine a été reproduite pour la première fois par de Sénarmont[2] ; ce savant chauffait en vase clos à 250°, pendant deux jours et demi, du sulfate de baryte précipité avec du bicarbonate de soude ou encore de l'acide chlorhydrique. Par refroidissement il se dépose sur le verre du tube des prismes orthorhombiques de barytine. Dans le bicarbonate de soude, ils affectent la forme primitive mp; dans l'acide chlorhydrique, les facettes $h^1 e^1 a^1$ apparaissent en outre.

Durocher[3], en 1851, a fait cristalliser le sulfate de baryte en chauffant dans un tube scellé une solution aqueuse de sulfate d'ammoniaque avec du chlorure de baryum; les cristaux forment des tables rhombiques transparentes.

La double décomposition par voie sèche a été mise à profit par Manross[4] pour l'obtention de la barytine. Ce savant fondait un mélange de 12 grammes de sulfate de potasse avec 52 grammes de chlorure de baryum ; après refroidissement et lessivage de la masse, on recueille un sable cristallin composé de prismes de barytine ; D = 4,179.

Macé[5] a préparé de beaux cristaux de sulfate de baryte par réaction lente; il faisait communiquer par un fil deux solutions, l'une de nitrate de baryte, l'autre de sulfate de fer placées dans deux vases très voisins.

M. Fremy[6] a employé un procédé analogue ; il opérait sur des solutions réagissantes de densités différentes. Il en est de même de Becquerel[7], qui faisait réagir par diffusion le nitrate de baryte sur le sulfate de soude.

Le sulfate de baryte cristallin peut encore se déposer au sein de dissolvants appropriés. Aussi on peut employer, d'après Mitenzwey[8], une solution de nitrate d'ammoniaque additionnée d'acide chlorhydrique. M. Behrens[9] a observé que l'acide sulfurique saturé de sulfate de baryte abandonne des cristaux fusiformes de barytine associés en croix et terminés par un pointement rhombique mm. Les dimensions ne dépassent pas $0^m,012$. Il en a fait une réaction microchimique caractéristique du baryum.

Tout récemment, M. Al. Gorgeu[10] a découvert que les sulfates alcalino-terreux

1. *Tschermak's petrog. u. miner. Mittheil.*, 1882, t. V, p. 82.
2. *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXXII, p. 129. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXX, p. 212. — *Jahresber.*, 1851, p. 338.
3. Expérience inédite.
4. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXII, p. 348. — *J. pr. Chem.*, t. LVIII, p. 55. — *Pharm. Centr.*, 1852, p. 726.
5. *C. R.*, t. XXXVI, p. 825. — *L'Inst.*, 1853, p. 156. — *J. pr. Chem.*, t. LIX, p. 367. — *Pharm. Centr.*, 1853, p. 374. — *Jahresber.*, 1853, p. 7.
6. *C. R.* 1866, t. LXIII, p. 714.
7. *C. R.*, 1874, t. LXXIX, p. 82.
8. *J. pr. Chem.*, t. LXXV, p. 214. — *Chem. Centr.*, 1859, p. 277.
9. *Verslag. en Mededeel. der Koninkl. Acad. van Wetenschapp. Afdeel. Natuurk.*, Amsterdam, 2e série, 17e partie, 1881.
10. *C. R.*, 1883, t. XCIV, p. 1734. — *Bull. Soc. Min.*, 1883, t. VI, p. 138.

sont très solubles au rouge dans les chlorures, bromures et iodures fondus; la masse refroidie abandonne des cristaux déterminables de sulfates. Le chlorure de manganèse convient particulièrement comme fondant; il permet d'obtenir la barytine en beaux cristaux de densité 4,44 à 4,50. D'après l'examen cristallographique de M. Bertrand, ces cristaux sont formés des faces a^2e^1, allongés suivant a^2a^2; la position et l'écartement des axes optiques sont les mêmes que dans la barytine naturelle. On recueille souvent dans cette préparation de la hausmannite en inclusions dans la barytine, comme dans le gisement d'Ilmenau.

Il est probable, d'après MM. Fouqué et Michel Lévy, qu'on obtiendrait de la barytine par oxydation très lente du sulfure de baryum, comme dans les sources thermales.

M. A. Villiers[1] vient d'obtenir des cristaux mesurables de barytine atteignant 5^{mm}, en décomposant lentement par l'eau à froid du sulfovinate de baryte.

CÉLESTINE.

StO, SO^3 $StSO^4$.

Gisement. — La célestine est un minéral de filons et d'amas concrétionnés : on la trouve souvent associée au soufre, comme en Sicile; elle semble provenir alors d'une oxydation lente du sulfure de strontium.

Méthodes de reproduction. — La méthode de Mauross[2] s'applique à la célestine, et fournit ce produit en cristaux de densité 3,927.

On obtient encore du sulfate de strontiane cristallisé par la méthode de Macé[3]; M. Fremy[4] a appliqué avec succès à la célestine le procédé qui lui avait réussi pour la barytine.

M. Behrens[5], par évaporation d'une goutte d'acide sulfurique saturé de sulfate de strontiane, obtient des cristaux de même forme que ceux de barytine obtenus dans les mêmes circonstances; ils sont seulement plus grands et moins transparents. L'auteur en fait une réaction microchimique de la strontiane.

M. Al. Gorgeu[6] a obtenu la célestine par fusion du sulfate amorphe dans le chlorure de manganèse; on recueille de beaux cristaux de même forme que le sulfate de baryte préparé de même. Ce sont des prismes a^2e^1 allongés suivant a^2a^2. $D = 3,93$. Les propriétés optiques sont les mêmes que pour la célestine naturelle.

1. Communication inédite.
2. *L. C.*
3. *L. C.*
4. *L. C.*
5. *L. C.*
6. *L. C.*

ANHYDRITE.

CaO,SO^3 $CaSO^4$.

Gisement. — L'anhydrite se rencontre dans la nature en amas intercalés dans les roches sédimentaires, par exemple au milieu des calcaires, ou encore au milieu des argiles avec sel gemme et gypse.

Méthodes de reproduction. — La fusion purement ignée du gypse au rouge-cerise fournit une masse blanche, cristalline. Mitscherlich[1] a fondu du sulfate de chaux dans un four à porcelaine et obtenu par refroidissement lent un culot formé de cristaux d'anhydrite juxtaposés.

Manross[2] a préparé de l'anhydrite en prismes rectangulaires, avec les clivages ph^1g^1 et la densité 2,969 de l'espèce naturelle par fusion du sulfate de potasse avec du chlorure de calcium. Il a obtenu les mêmes cristaux par fusion du chlorure de calcium avec du sulfate de magnésie et du borax.

L'anhydrite s'obtient encore en lamelles rectangulaires très minces, d'après Simmler[3]; cet expérimentateur fondait du sulfate de chaux avec du chlorure de sodium et de la silice.

Geitner[4] a essayé de préparer l'anhydrite par réaction à chaud d'une solution d'acide sulfureux sur le carbonate de chaux, mais il n'a obtenu ainsi que des incrustations formées de cristaux de gypse déshydraté.

Chacun sait que le gypse se déshydrate en partie à 150°, et que le reste de l'eau s'en va à une plus haute température. Hoppe-Seyler ayant chauffé à 140° en tube clos du gypse avec de l'eau, a vu se former une masse cristalline fibreuse de composition $CaO,SO^3+\frac{1}{2}HO$, laquelle a été signalée parfois dans les incrustations des chaudières.

Le même auteur[5] ayant remplacé dans cette expérience l'eau pure par une solution très concentrée de sel marin ou de chlorure de calcium, a vu se former des cristaux d'anhydrite en prismes rectangulaires. Ceux-ci, abandonnés à froid au contact de leur eau mère, ne tardaient pas à se transformer en gypse.

Struve[6] a obtenu des cristaux d'anhydrite de densité 3,028, par évaporation d'une solution de sulfate de chaux dans l'acide sulfurique monohydraté.

De beaux cristaux d'anhydrite ont été tout récemment préparés par M. Al. Gorgeu[7], qui fondait du sulfate de chaux amorphe avec du chlorure de manganèse au rouge;

1. *Pogg. Ann.*, 1825, t. XI, p. 321.
2. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXII, p. 348. — *J. pr. Chem.*, t. LVIII, p. 55. — *Jahresber.*, 1852, p. 9. — *Pharm. Centr.*, 1852, p. 726.
3. *J. pr. Chem.*, t. LXXVI, p. 430. — *Jahresber.*, 1859, p. 132.
4. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIX, p. 350.
5. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXII, p. 348. — *J. pr. Chem.*, t. LVIII, p. 55. — *Ph. Centr.*, 1852, p. 726.
6. *Zeitschr. Chem.*, 1869, p. 324.
7. *C. R.*, 1883, t. XCIV, p. 1734. — *Bull. Soc. Min.*, t. VI, p. 138.

il se fait des lamelles rectangulaires, clivages $ph^1 g^1$, D=2,98; les propriétés optiques sont celles de l'anhydrite.

ANGLÉSITE.

PbO,SO³ *PbSO⁴*.

Gisement. — L'anglésite est un minéral qui se présente à la partie supérieure des filons de galène; elle provient de l'oxydation de cette dernière.

Reproductions accidentelles. — On a trouvé assez fréquemment du sulfate de plomb cristallisé sous la forme de l'anglésite, dans les fours à plomb, particulièrement dans ceux qui servent au grillage de la galène[1]. Le produit est souvent associé à de la galène artificielle (Ofenbruch); il se présente dans les cavités des masses compactes à l'état moitié cristallin, moitié mamelonné, sa couleur est blanc, jaunâtre ou verdâtre. Les cristaux sont de fines aiguilles ou lamelles transparentes à éclat adamantin rarement isolées, souvent groupées. Les cristaux aciculaires offrent une macle par croisement oblique; les lamelles sont des hexagones de 104° 55′ et 127° 32′. Les principales provenances sont les fours à grillage de Bleiberg (Carinthie), les mines d'argent du Harz supérieur, de Oberhausen, et de Lautenthal.

Kuhlmann[2] a signalé une formation de fines aiguilles ou lamelles de sulfate plombique à la surface du revêtement de chambres de plomb, où des vapeurs nitreuses abondantes, se trouvaient en contact avec de l'acide sulfurique; D=6,07.

M. Daubrée[3] a observé la production accidentelle de cristaux d'anglésite en tables rectangulaires biselées, sur des objets en plomb, longtemps enfouis dans les constructions des thermes de Bourbonne-les-Bains.

Méthodes de reproduction. — Becquerel[4], le premier, a obtenu de l'anglésite par voie électro-chimique. Il abandonnait pendant 7 ans un morceau de galène avec une solution de sulfate de cuivre et de chlorure de sodium; au bout de ce temps on trouve sur la galène de beaux cubes de chlorure de sodium, avec des cristaux d'anglésite et de cotunnite (chlorure de plomb).

Manross[5] a appliqué sa méthode à l'obtention du sulfate de plomb cristallisé; la fusion du chlorure de plomb avec du sulfate de potasse, suivie d'un lessivage de la masse, lui a fourni une poudre cristalline constituée par des tables rectangulaires identiques à l'anglésite.

Le même auteur s'est servi de la voie humide pour obtenir ce corps. Ayant introduit dans un verre d'abord des cristaux de nitrate de plomb, puis de l'eau pure, il suspendit au milieu de celle-ci, au moyen d'un fil de platine, une petite balle de chlorure de plomb fondu. Il ne tarda pas à se former des cristaux tabulaires d'anglésite atteignant 1 à 2 millimètres.

La voie de diffusion lente a été appliquée avec succès à la reproduction de

1. *Abh. d. gött. Ges. Wiss.*, t. IV. — *Jahrb.*, 1850, p. 26.
2. *L'Inst.*, 1840, p. 54. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. XXXVIII, p. 366.
3. *Géologie expérimentale*, p. 85.
4. *C. R.*, t. XXXIV, p. 29. — *L'Inst.*, 1852, p. 27. — *J. pr. Chem.*, t. LV, p. 337. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXIV, p. 199. — *Pharm. Centr.*, 1852, p. 150. — *Phil. Mag.*, t. III, p. 255.
5. *Loc. cit.*

l'anglésite, par Macé[1] et par M. Frémy[2], dans les mêmes conditions que pour la barytine. Le premier réunissait par un fil deux solutions, l'une de nitrate de plomb, l'autre de sulfate de fer. Le second opérait la réaction lente de deux solutions d'inégale densité au travers d'une cloison poreuse. (Voir *Barytine*.)

Drevermann[3] avait d'ailleurs obtenu des cristaux mesurables d'anglésite, à l'état de produit accessoire dans ses expériences de diffusion pour la reproduction de la crocoïse PbO,CrO³. (Voir plus bas.) Le chromate de potasse qu'il avait employé renfermait des sulfates, de telle sorte qu'il se forma des prismes d'anglésite ayant la forme p, g^1, e^1, g^m.

CROCOISE.

PbO,CrO^3 — $PbCrO^4$.

Gisement. — La crocoïse ou *plomb rouge* est un minéral de filons.

Méthodes de reproduction. — Manross[4] a reproduit la crocoïse par fusion ménagée du chlorure de plomb avec du chromate de potasse. Cette opération se fait au rouge sombre; si l'on dépassait cette limite, on verrait se former un chromate basique de plomb décomposable par l'eau, formant de longs prismes hexagonaux. La partie inférieure du creuset est colorée en vert par de l'oxyde de chrome; plus haut se voient de nombreux cristaux transparents de crocoïse; $D=6,118$.

La méthode de réaction lente par diffusion a été mise à profit par Drevermann[5]; ce chimiste plaçait une couche de nitrate de plomb au fond d'un bocal qu'il remplissait d'eau sans agiter; il disposait de même du chromate de potasse au fond d'un second bocal qu'il remplissait d'eau, puis les deux appareils étaient introduits dans un troisième bocal plus grand, rempli d'eau. Le tout, abandonné au repos, donnait, au bout de quelques mois, sur le second récipient, un précipité de chromate de plomb en partie amorphe, en partie mamelonné. Au fond de celui-ci se montrèrent de belles aiguilles rouges d'un éclat adamantin, groupées en faisceaux atteignant 4 à 5 millimètres. Ce sont des prismes clinorhombiques striés, formés des faces $m\,b^{1/2}d^{1/2}$, parfois g^1 et d^x. Dans cette préparation il se fait aussi de la mélanochroïte $3PbO,\ 2CrO^3$; quelques expériences ont aussi fourni, par suite de l'impureté des réactifs, de l'anglésite et de la céruse.

PRODUITS ARTIFICIELS ANALOGUES AUX PRÉCÉDENTS.

Schultze est parvenu, en appliquant la méthode de Manross, à préparer des mélanges isomorphes de chromate et de molybdate de plomb; ces composés offrent

1. *Loc. cit.*
2. *Loc. cit.*
3. *Ann. Chem. Pharm.*, 1854, t. LXXXIX, p. 11. — *Phil. Mag.*, t. VI, p. 453. — *Edinb. new Phil. J.*, t. LVI, p. 176.
4. *Loc. cit.*
5. *Ann. Chem. Pharm.*, 1854, t. LXXXIX, p. 11. — *Phil. Mag.*, t. VI, p. 453. — *Edinb. new Phil. J.*, t. LVI, p. 176.

la forme cristalline du plomb rouge ou du plomb jaune, suivant qu'il y a prédominance du chrome ou du molybdène. (Voir *Wulfénite.*)

Il est probable que la méthode de Manross permettrait d'obtenir des *séléniates de baryte, strontiane, chaux et plomb*, isomorphes entre eux, et avec la barytine, la strontianite, l'anhydrite et l'anglésite. On a trouvé dans la nature PbO,SeO^3, mais seulement à l'état amorphe.

Le même procédé a fourni à M. L. Bourgeois[1] des *chromates de baryte, de strontiane et de chaux*, en prismes orthorhombiques isomorphes entre eux et avec les sulfates correspondants.

MÉLANOCHROITE.

$3PbO,2CrO^3$ — *$Pb^3Cr^2O^9$.*

La mélanochroïte ou *phénicite* possède les mêmes gisements que le chromate précédent.

Drevermann[2], dans ses préparations de crocoïse, a obtenu concurremment de la mélanochroïte : cette substance se présentait en druses ou en groupes réticulés au-dessus du chromate neutre; sa couleur était le rouge cochenille foncé avec éclat adamantin. Elle s'était formée dans une liqueur neutre, tandis que la crocoïse avait cristallisé en liqueur alcaline.

La mélanochroïte a été encore obtenue par Becquerel[3] sous forme d'aiguilles orangées biréfringentes. Ce savant faisait réagir mutuellement, au travers d'une cloison poreuse, des dissolutions de bichromate et de plombite de potasse.

Il est arrivé au même résultat en faisant traverser, par un courant électrique peu intense, des solutions de chromate de potasse et de nitrate ou de chlorure de plomb communiquant par un espace très restreint.

M. Stanislas Meunier[4] a abandonné des fragments de galène dans une solution étendue de bichromate potassique. Il se fait à la longue sur ces fragments un dépôt de chromate basique en partie amorphe, en partie cristallisé, possédant la composition de la mélanochroïte.

SULFATES HYDRATÉS

MISÉNITE.

$KO,HO,2SO^3$ — *$KHSO^4$.*

Le bisulfate de potasse a été rencontré dans les fumerolles volcaniques; on l'obtient aisément cristallisé dans les laboratoires.

1. *C. R.*, 1879, t. LXXXII, p. 382. — *Bull. Soc. Min.*, t. II, p. 83 et 123. — *Bull. Soc. Chim.* t. XXXI, p. 243.
2. *Loc. cit.*
3. *C. R.*, 1866, t. LXIII, p. 1.
4. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 656.

MIRABILITE.

NaO,SO^3+10HO $Na^2SO^4+10H^2O$.

Ce sel se produit aisément, comme l'on sait, par refroidissement d'une solution saturée de sulfate de soude; c'est le *sel de Glauber* du commerce.

LECONTITE.

$(Na,AzH^4)O,SO^3+2HO$ $(Na,AzH^4)^2SO^4+2H^2O$.

Ce sel a été préparé par M. H. Schiff[1] au moyen de l'évaporation lente d'une solution mixte de sel marin et de sulfate d'ammoniaque, ou de sel ammoniac et de sulfate de soude.

GYPSE.

CaO,SO^3+2HO $CaSO^4+2H^2O$.

Gisement. — Le gypse est un minéral des roches sédimentaires; il forme des bancs interstratifiés dans l'argile, souvent avec sel gemme et autres produits solubles.

Reproductions accidentelles. — Il n'est pas rare de trouver des cristaux de gypse à l'état de cristallisations accidentelles dans les dépôts de certaines sources, dans les incrustations de chaudières, ou bien encore toutes les fois que des pyrites s'oxydent spontanément au contact des calcaires.

De très beaux échantillons prennent naissance sur les fagots des bâtiments de graduation pour la concentration de l'eau des sources salées; on observe la forme $m\ g^1\ d^1/_2$ avec allongement suivant la zone du prisme et macle h^1.

On a signalé encore le gypse en cristaux formés dans l'organisme, notamment dans l'écorce de la saponaire.

Méthodes de reproduction. — Le gypse, dont la solubilité dans l'eau pure est bien connue, cristallise au sein de celle-ci par évaporation en très petites aiguilles. La solubilité dans une solution acide ou saline est encore bien plus prononcée et l'on obtient ainsi des échantillons plus beaux. C'est particulièrement dans le chlorure de sodium, dans l'acide fluorhydrique étendu, ou dans l'hyposulfite de soude, qu'on observe la formation de cristaux déterminables. Leur forme est celle des cristaux des salines.

Le gypse obtenu par double décomposition se présente toujours en fines aiguilles.

M. Behrens[2] emploie les petits cristaux de gypse qui se forment par évaporation

1. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXIV, p. 68
2. *Loc. cit.*, voy. p. 160, note 9.

dans l'acide sulfurique étendu, comme caractéristiques de la chaux, au point de vue de l'analyse microchimique.

M. Sterry-Hunt[1], par évaporation entre 40° et 80° d'une solution de bicarbonate de chaux, en présence du sulfate de magnésie a vu se former des cristaux de gypse en même temps que du bicarbonate de magnésie soluble. Il en est de même si l'on opère en présence du chlorure de sodium.

Citons comme isomorphe avec le gypse, le *séléniate de chaux* CaO,SeO^3+2HO, obtenu à la façon du gypse par M. C. von Hauer[2].

SYNGÉNITE OU KALUSZITE.

KO,SO^3+CaO,SO^3+HO $K^2Ca(SO^4)^2+H^2O$.

Ce sel a été obtenu par Philips, H. Rose, M. Fassbender[3], M. Ditte[4], en fines aiguilles, par réaction mutuelle des deux sels composants.

M. Struve[5] a vu se former des pseudomorphoses de syngénite d'après le gypse, en faisant réagir des sels de potasse sur des lames de gypse. Il a obtenu un précipité du minéral par addition de sulfate de potasse à une solution mixte de nitre et de gypse.

MM. Fassbender et Ditte ont préparé de même le sel ammoniacal correspondant.

KIESÉRITE.

MgO,SO^3+HO $MgSO^4+H^2O$.

C'est un des sels de Stassfürt; la calcination du sulfate de magnésie cristallisé à une température de 132°, donne un résidu ayant la composition de la kiesérite, mais le produit ne paraît pas être nettement cristallisé.

EPSOMITE.

MgO,SO^3+7HO $MgSO^4+7H^2O$.

Ce sel se rencontre dans la nature à l'état d'efflorescences; c'est un produit commercial, qui cristallise par voie aqueuse avec une extrême facilité, sous forme de prismes orthorhombiques m, terminés par un hémioctaèdre à faces inclinées $\frac{1}{2}b^{1/2}$.

Le même sel peut encore cristalliser avec la même composition, mais sous forme de prismes clinorhombiques isomorphes avec le sulfate de fer.

1. *C. R.*, 1859, t. XLVIII, p. 1003. — *Jahresb.* 1859, p. 135.
2. *Wien. Acad. Berichte*, t. XXXIX, p. 199.
3. *Deutsch. Chem. Ges.*, 1876, p. 1358.
4. *C. R.*, 1877, t. LXXXIV, p. 86.
5. *Zeits. Chem.*, 1869, p. 323.

GOSLARITE.

$ZnO,SO^3 + 7HO$ $ZnSO^4 + 7H^2O$.

La goslarite se présente dans la nature à l'état d'efflorescences; c'est le sulfate de zinc du commerce. Il est isomorphe avec le sel précédent (prismes orthorhombiques).

MORÉNOSITE.

$NiO,SO^3 + 7HO$ $NiSO^4 + 7H^2O$.

Le sulfate de nickel cristallise à froid en prismes orthorhombiques isomorphes avec les précédents.

A une température supérieure à 30°, on obtient des cristaux clinorhombiques ou quadratiques renfermant 6HO.

MALLARDITE.

$MnO,SO^3 + 7HO$ $MnSO^4 + 7H^2O$.

Ce sel se prépare dans les laboratoires, au sein d'une solution aqueuse à basse température; ce sont des prismes clinorhombiques isomorphes avec le sulfate de fer.

Un mélange isomorphe de ces deux sulfates constitue la *luckite* $(Fe,Mn)O,SO^3 + 7HO$.

MÉLANTÉRIE.

$FeO,SO^3 + 7HO$ $FeSO^4 + 7H^2O$.

Ce sel se présente dans la nature à l'état de produit secondaire; il provient de l'oxydation des pyrites.

On sait qu'il s'obtient dans les laboratoires en grands prismes clinorhombiques et qu'il constitue un produit commercial.

PISANITE.

$(Fe,Cu)O,SO^3 + 7HO$ $(Fe,Cu)SO^4 + 7H^2O$.

Le sulfate mixte de fer et de cuivre est un produit commercial; il affecte la forme du sulfate de fer si le fer domine; dans le cas contraire, il cristallise avec 5HO, sous forme de prismes anorthiques isomorphes avec le sulfate de cuivre.

CUPROMAGNÉSITE.

$(Cu,Mg)O,SO^3 + 7HO$ $(Cu,Mg)SO^4 + 7H^2O$.

Ce sel mixte s'obtient de même que les précédents en prismes clinorhombiques.

RHODALOSE OU BIEBÉRITE.

$CoO,SO^3 + 7HO$ $CoSO^4 + 7H^2O$.

Le sulfate de cobalt cristallise en prismes clinorhombiques isomorphes avec le sulfate de fer.

CYANOSE.

$CuO,SO^3 + 5HO$ $CuSO^4 + 5H^2O$.

Le sulfate de cuivre naturel est un produit de l'oxydation des sulfures de cuivre.

On sait que ce sulfate constitue un produit commercial important et se présente en beaux prismes anorthiques.

PICROMÉRITE.

$KO,SO^3 + MgO,SO^3 + 6HO$ $K^2Mg(SO^4)^2 + 6H^2O$.

Le sulfate potassico-magnésien s'obtient en beaux prismes clinorhombiques; il est le type d'une importante famille de sulfates doubles.

CYANOCHROITE.

$KO,SO^3 + CuO,SO^3 + 6HO$ $K^2Cu(SO^4)^2 + 6H^2O$.

Le sulfate potassico-cuivrique est un autre membre de la même famille; il se prépare aussi très facilement.

KÉRAMOHALITE OU ALUNOGÈNE.

$Al^2O^3,3SO^3 + 18HO$ $Al^2(SO^4)^3 + 18H^2O$.

Ce sel, que la nature offre sous forme d'efflorescences, s'obtient en masse cristalline ou petits cristaux fibreux dans les laboratoires et dans l'industrie.

On l'obtient pur en chauffant de l'alumine avec de l'acide sulfurique et évaporant jusqu'à consistance sirupeuse. (Fleck). Le produit forme un agrégat de petites lamelles nacrées, répondant à la composition indiquée plus haut. On arrive, du reste, à obtenir de plus beaux cristaux en faisant cristalliser le produit précédent dans une solution chlorhydrique.

On peut faire encore du sulfate d'alumine en chauffant de l'alun d'ammoniaque avec de l'acide nitrique jusqu'à décomposition complète du nitrate d'ammoniaque formé.

ALUN.

$KO,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3 + 24HO$ $K^2Al^2(SO^4)^4 + 24H^2O$.

L'alun naturel est un produit secondaire se présentant en masses fibreuses; nous renvoyons à l'article *Aluminium* pour l'étude de son mode de préparation, de ses formes cristallines et de ses propriétés optiques, ainsi que de l'importante famille dont il est le type.

TSCHERMIGITE.

$AzH^4O,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3 + 24HO$ $(AzH^4)^2Al^2(SO^4)^4 + 24H^2O$.

L'alun d'ammoniaque a été rencontré dans des mines de lignite; il est inutile de revenir sur son mode de préparation dans les laboratoires.

MENDOZITE.

$NaO,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3 + 24HO$ $Na^2Al^2(SO^4)^4 + 24H^2O$.

On a signalé dans la nature des efflorescences d'alun de soude; voir pour sa préparation, l'article *Aluminium*.

ALUNITE.

$KO,SO^3 + 3(Al^2O^3,SO^3) + 6HO$ $K(AlO)^3(SO^4)^2 + 3H^2O$.

Gisement. — L'alunite est un minéral secondaire provenant de l'attaque des roches trachytiques par des vapeurs sulfureuses.

Méthodes de reproduction. — Mitscherlich[1] a reproduit l'alunite en rhomboèdres de 91°, en chauffant à 230° en vase clos 3 grammes de sulfate d'alumine, 1 gramme d'alun et 10 centimètres cubes d'eau.

Le même auteur en chauffant à 200°, du sulfate de potasse avec du sous-sulfate d'alumine, ou simplement de l'alun en solution étendue, a obtenu une substance cristalline plus hydratée que l'alunite, et répondant à la formule $KO,SO^3 + 3(Al^2O^3,SO^3) + 9HO$. Cette composition est celle de la *lœwigite*, espèce minérale qui accompagne l'alunite, et qui ne semble en être qu'une variété.

Riffault[2] avait obtenu ce sel par ébullition de l'hydrate d'alumine avec de l'alun.

M. Debray[3], en faisant bouillir du zinc avec de l'alun dans un vase de platine, a vu se former une poudre cristalline ayant la composition de la lœvigite.

Les mêmes procédés fournissent les composés sodiques et ammoniques correspondants.

1. *Répert. de chim. pure et appliquée*, 1862, p. 262
2. *Ann. de chim. et de phys.*, t. XVI, p. 359.
3. *Bull. Soc. Chim.*, 1867, t. XII, p. 9.

IHLÉITE.

$Fe^2O^3,3SO^3 + 12HO$ $Fe^2(SO^4)^3 + 12H^2O.$

Bertels[1] a obtenu le sel $Fe^2O^3,3SO^3 + 10HO$, sous forme de lamelles rhomboïdales nacrées en oxydant le sulfate ferreux par l'acide nitrique et faisant bouillir avec un excès d'acide sulfurique.

JAROSITE.

$KO,SO^3 + 3(Fe^2O^3,SO^3) + 6HO$ $K(FeO)^3(SO^4)^2 + 3H^2O.$

Ce composé correspondant à l'alunite a été reproduit par Mitscherlich[2] à l'aide de la méthode indiquée plus haut.

BROCHANTITE.

$CuO,SO^3 + 3(CuO,HO)$ $Cu^4(HO)^6SO^4.$

Gisement. — La brochantite est un minéral secondaire des filons à la façon de la malachite, etc.

Méthode de reproduction. — Divers procédés permettent, dans les laboratoires, de se procurer des précipités amorphes possédant la composition de la brochantite.

On peut précipiter partiellement le sulfate de cuivre par les alcalis, ou encore faire bouillir le même sel avec de l'oxyde de cuivre hydraté, ou bien abandonner à l'air une solution de sulfate de cuivre ammoniacal; des sulfates basiques en poudre verte prennent ainsi naissance.

La brochantite a été pour la première fois obtenue à l'état cristallin par Becquerel[3]; celui-ci ayant abandonné pendant plusieurs mois du calcaire poreux avec une solution de sulfate de cuivre, a vu se former des petits cristaux vert clair de brochantite en mamelons associés à du gypse.

M. Friedel[4] a obtenu des cristaux de brochantite en chauffant en tube clos, à 250°, une solution de sulfate de cuivre.

D'après M. Stan. Meunier[5], il se fait des rosettes cristallines vert-émeraude de brochantite, lorsqu'on abandonne pendant plusieurs mois des fragments de galène dans une solution de sulfate de cuivre.

1. *Jahresb.*, 1874, p. 268
2. *Loc. cit.*
3. *C. R.*, t. XXXIV, p. 557. — *L'Inst.*, 1852, p. 121. — *J. pr. Chem.*, t. LVI, p. 471. — *Ann Chem. Pharm.*, t. LXXXIV, p. 201. — *Edinb. new Phil. J.*, t LV, p. 190.
4. *Bull. Soc. Chim.*, 1860.
5. *C. R.*, 1878, t. LXXXVI, p. 686.

TUNGSTATES ET MOLYBDATES

SCHEELITE.

CaO, WO^3 — $CaWO^4$.

Gisements. - La scheelite est un minéral des filons stannifères.

Méthodes de reproduction. — Manross[1] a obtenu la scheelite par fusion du tungstate de soude avec du chlorure de calcium. Après refroidissement et lessivage du culot on obtient de petits octaèdres quadratiques, noirâtres, à éclat adamantin ($b^{1/2}b^{1/2} = 130° 20'$), identiques avec la scheelite; $D = 6,076$. Un recuit à la température de fusion du chlorure de calcium amène la présence des faces du prisme et l'on a ainsi des aiguilles de scheelite longues de 5 millimètres. Geuther et Forsberg (voir plus loin), en ajoutant au mélange un excès de chlorure de sodium, ont vu se former des cristaux encore plus parfaits.

M. H. Debray[2] a fait passer un courant d'acide chlorhydrique sur un mélange de tungstate de chaux amorphe et de chaux, chauffé au rouge. Dans cette expérience le chlorure de calcium sert de fondant et l'on recueille des octaèdres quadratiques de scheelite.

M. L. Michel[3], après avoir répété les expériences de Manross et obtenu par l'emploi du chlorure de sodium en excès, de très beaux échantillons de scheelite, a réalisé la synthèse du même corps en fondant le wolfram dans le chlorure de calcium. Il y a double décomposition, volatilisation des chlorures métalliques, et l'on recueille de beaux octaèdres quadratiques souvent maclés suivant m et h^1, portant des facettes parahémiédriques. Des aiguilles de wolfram s'y montrent en inclusions.

M. Al. Cossa[4] a également obtenu la scheelite par fusion du tungstate calcique amorphe dans le chlorure de sodium; l'addition d'un peu d'oxyde de didyme a donné une scheelite offrant au spectroscope les bandes d'absorption des individus de Traversella.

1. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXI, p. 243, et LXXXII, p. 348. — *Journ. f. prakt. Chem.*, t. XXVI, p. 128.
2. *C. R.*, t. LV, p. 287. — *L'Inst.*, 1862, p. 262. — *Bull. Soc. Chim.*, 1862, p. 95. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXV, p. 95. — *Chem. Centr.*, 1863, p. 208.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 142.
4. *Ricerche chimiché e mineralogiche su roccie et minerali d'Italia*, Torino, 1881, p. 287.

WOLFRAM.

(Fe,Mn)O,WO[3] (*Fe,Mn*)*WO*[4].

REINITE.

FeO,WO[3] *FeWO*[4].

HUBNÉRITE.

MnO,WO[3] *MnWO*[4].

Le wolfram, minéral des filons stannifères a été reproduit par Geuther et Forsberg[1], puis par M. L. Michel, au moyen de la fusion du tungstate de soude avec des chlorures de fer et de manganèse additionnés de chlorure de sodium. Les mêmes expérimentateurs ont fait varier les proportions relatives de fer et de manganèse; ils ont ainsi obtenu les tungstates de ces deux bases pures, et un certain nombre de termes intermédiaires. Les produits cristallins sont isomorphes entre eux et identiques avec les divers échantillons de wolfram de la nature; la hübnérite forme des prismes d'un rouge grenat, la reinite des prismes noirs, les termes moyens sont d'un brun plus ou moins foncé.

Tous ces cristaux sont comme ceux de la nature, en longs prismes allongés suivant la zone $p\,h^1$. Ils sont clinorhombiques, extrêmement voisins du prisme orthorhombique; ce fait, déjà mis en évidence par M. Des Cloizeaux[2] pour le wolfram naturel, a été confirmé sur les échantillons artificiels par les observations goniométriques et optiques de MM. Groth et Arzruni[3]. On observe les faces $h^1g^1g^3ma^2o^2e^1b^1/_2(d^1b^1/_3g^1)$.

M. C. Zettnow[4] a employé le tungstate de fer cristallisé pur à la détermination de l'équivalent du tungstène.

M. Debray[5], en faisant passer un courant d'acide chlorhydrique sur un mélange d'acide tungstique et d'oxyde de fer, a obtenu des cristaux de tungstate de fer isomorphes avec le wolfram, ainsi que de la magnétite et de l'acide tungstique.

CUPROSCHEELITE.

CuO,WO[3] *CuWO*[4].

Ce composé a été préparé par M. Schultze[6], puis par M. L. Michel, sous forme de petits prismes verts aciculaires ou octaèdres quadratiques, par fusion du tungstate de soude avec le chlorure de cuivre et un excès de chlorure de sodium. Les cristaux offrent des extinctions longitudinales.

1. *Göttingen gelehrte Anzeigen*. 1861, p. 225. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXX, p. 270. — *Bull. Soc. Chim.*, 1867, t. VIII, p. 37.
2. *Pogg. Ann.* t. CXXX, p. 16.
3. *Ann. de chim. et de phys.*, 1870, t. XIX, p. 168.
4. *Pogg. Ann.* 1875, t. CLI, p. 235.
5. *C. R.*, 1862, t. LV, p. 287. — *Bull. Soc. Chim.*, 1862, p. 93. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXV, p. 95.
6. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXVI, p. 56.

SCHEELITINE OU STOLZITE.

PbO,WO^3 *$PbWO^4$.*

La scheelitine est un minéral des filons concrétionnés.

Manross[1] a reproduit ce sel isomorphe avec la scheelite, par fusion du tungstate de soude avec le chlorure de plomb. Le produit se présente en octaèdres quadratiques vert foncé identiques avec les cristaux naturels ; $D=8,23$.

Geuther et Forsberg (voir plus bas) ont modifié ce procédé par addition d'un excès de chlorure de sodium, ce qui donne des cristaux plus parfaits.

Zettnow a obtenu le même produit par fusion du tungstate de plomb amorphe avec du sel marin.

WULFÉNITE OU MÉLINOSE.

PbO,MoO^3 *$PbMoO^4$.*

Gisement. — La wulfénite est un minéral des filons.

Reproductions accidentelles. — Ce minéral a été signalé comme artificiellement reproduit dans un four à plomb de Bleiberg en Carinthie. Cette observation est due à Hausmann[2] ; l'authenticité en est confirmée par une analyse de Wöhler ainsi que par l'ensemble des propriétés.

Méthodes de reproduction. — Manross[3] a montré qu'en fondant du molybdate neutre de soude avec du chlorure de plomb à équivalents égaux, on obtient des cristaux tabulaires de wulfénite, combinaison $p\ b^{1/2}$; $D=6,8$.

M. Schultze[4] a obtenu de la wulfénite en cristaux incolores par le procédé de Geuther et Forsberg; les cristaux ne sont jaunes que s'ils renferment une trace d'acide phosphorique.

M. L. Michel a répété la même expérience avec un excès de chlorure de sodium et montré que les cristaux de molybdate sont moins nets que ceux de tungstate obtenus dans les mêmes conditions.

PRODUITS ARTIFICIELS ANALOGUES AUX PRÉCÉDENTS.

Plusieurs travaux d'ensemble ont eu lieu au sujet des tungstates et molybdates.

Geuther et Forsberg[5] ont obtenu par leur procédé des *tungstates de baryte, magnésie, zinc, cadmium,* cristallisés.

1. *Ann. Chem. Pharm.,* 1851, t. LXXXII, p. 357.
2. *Ann. Chem. Pharm.,* t. LXXXII, p. 238.
3. *Ann. Chem. Pharm.,* t. LXXXI, p. 219. — *Gött. Ges. Wiss.,* 1853.
4. *Ann. Chem. Pharm.,* t. CXXVI, p. 49.
5. *Gött. gel. Anzeig.,* 1861, p. 225. — *Ann. Chem. Pharm.,* t. CXX, p. 270.

M. Schultze[1] a préparé par le même procédé les *tungstates de strontiane, de nickel et de cobalt*. Il a opéré de même pour la série des molybdates, et préparé des cristaux isomorphes avec les tungstates correspondants.

Le *molybdate de zinc* forme des octaèdres quadratiques; les *molybdates de manganèse, fer, nickel, cobalt, cadmium*, possèdent la forme du wolfram.

Dans sa préparation de la wulfénite, il a remplacé une partie du molybdène par du chrome; les cristaux obtenus ont affecté la forme de tables quadratiques rouges jusqu'à une certaine proportion de chromate, passé laquelle les cristaux prennent la forme clinorhombique de la crocoïse PbO,CrO^3.

M. Michel a répété toutes ces expériences et complétant les séries obtenues, a vu que les tungstates MO,WO^3 peuvent se diviser en deux classes :

1° *Tungstates quadratiques.* — Baryte, strontiane, chaux, plomb, cérium, zinc, cadmium, cuivre, bismuth.

2° *Tungstates clinorhombiques* (*pseudo-orthorhombiques*). — Magnésie, manganèse, fer, cobalt, nickel.

M. Alf. Cossa[2] a préparé le *tungstate de didyme* DiO,WO^3, en octaèdres quadratiques isomorphes avec la scheelite.

1. *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXVI, p. 49. — *J. pr. Chem.*, t. XC, p. 201. — *Chem. Centr.*, 1863 p. 744,

2. A. Cossa, *Ricerche chimiche e mineralogiche su roccie e minerali d'Italia*, p. 287.

NITRATES

NITRE.

KO,AzO^5 $KAzO^5$.

Ce sel se présente dans la nature à l'état d'efflorescences; il est superflu de revenir sur les conditions de cristallisation de ce sel et sur son dimorphisme (voir l'article *Potassium*).

NITRATINE OU NATRONITRE.

NaO,AzO^5 $NaAzO^5$.

Ce sel forme des couches puissantes au Chili, et donne lieu à une exploitation des plus importantes; il cristallise en rhomboèdres très biréfringents possédant la forme et les clivages de ceux de calcite (voir *Sodium*).

NITRATE DE BARYTE.

BaO,AzO^5 $Ba(AzO^5)^2$.

On a signalé du nitrate de baryte naturel; ce sel cristallise comme l'on sait, dans le système cubique $a^1\, p\, b^1$, avec des indices de tétartoédrie.

PHOSPHATES, ARSÉNIATES ET VANADATES

PHOSPHATES ANHYDRES.

MONAZITE.

$3(Ce,La,Di)O,PhO^5$ $(Ce,La,Di)^3(PhO^4)^2$.

La synthèse de cette espèce rare a été réalisée par M. Radominsky[1] en fondant avec du chlorure de cérium en excès, le phosphate de cérium obtenu par précipitation d'un sel de cérium brut par le phosphate de soude. L'opération se fait au rouge et fournit de longs prismes jaunes striés, identiques à la monazite naturelle ; $D=5,09$.

Le même auteur a préparé de même, en partant d'un sel de cérium exempt de lanthane, de didyme et d'yttria, un *phosphate céreux* pur $3CeO,PhO^5$. Ce sel forme des prismes incolores isomorphes avec les précédents.

XÉNOTIME.

$3(Y,Ce)O,PhO^5$ $(Y,Ce)^3(PhO^4)^2$.

M. Radominsky[2] a appliqué le même procédé à la préparation du *phosphate d'yttria* (et d'erbine); la fusion du phosphate amorphe dans un excès de chlorure d'yttrium lui a fourni la xénotime en aiguilles déliées, à facettes très brillantes, appartenant au système quadratique.

Il est probable que la même méthode permettrait de préparer le *rhabdophane* ou *phosphate de didyme,* lequel est sans doute isomorphe avec la xénotime.

1. *C. R.*, 1874, t. LXXX, p. 304. — *Bull. Soc. Chim.*, t. XXIII, p. 177.
2. *Loc. cit.*

CHLORO- ET FLUO-PHOSPHATES, ARSÉNIATES ET VANADATES.

APATITE.

$3CaO,PhO^5+\frac{1}{3}Ca(Cl,Fl)$ $Ca^5(Cl,Fl)(PhO^4)^3$.

Gisement. — L'apatite est le plus souvent un minéral des filons; on trouve aussi des apatites plus ou moins altérées à l'état de concrétions dans les roches sédimentaires. Enfin, l'apatite se rencontre, toujours à l'état de cristaux du premier temps de consolidation, dans les roches acides ou intermédiaires.

Méthodes de reproduction. — M. Daubrée[1] a le premier reproduit artificiellement l'apatite par réaction au rouge des vapeurs de perchlorure de phosphore sur la chaux vive, hydratée, ou carbonatée. La réaction a lieu avec incandescence, en même temps qu'il se fait du chlorure et du phosphate de chaux, lesquels se combinent partiellement. Par lessivage, on recueille un sable cristallin formé de petits prismes hexagonaux d'apatite; $D=2{,}98$.

D'après des expériences ultérieures de H. Sainte-Claire Deville et Caron[2], l'apatite ainsi produite est toujours accompagnée d'un peu de wagnérite calcique.

Manross[3] a reproduit les diverses variétés d'apatite par fusion du phosphate de soude desséché $2NaO,HO,PhO^5$ avec un excès de fluorure ou de chlorure de calcium ou encore d'un mélange de ces deux sels; une double décomposition intervient et produit de l'apatite en prismes hexagonaux. Ceux-ci ne peuvent être débarrassés de leur gangue lorsque le fondant est fluorifère; mais si le chlorure de calcium a été employé seul, le lessivage a lieu facilement à l'eau pure, et fournit une poudre cristalline $m\ p\ b^1/_2$; on a $m\ b^1/_2=129°\ 7'$; $D=3{,}054$.

Brieglcb[4] a répété les expériences de Manross et obtenu des échantillons d'une beauté exceptionnelle.

On doit à Forchhammer[5] des essais en quelque sorte corrélatifs des précédents; ce savant fondait du phosphate tricalcique dans le chlorure de sodium et par lessivage de la masse après refroidissement, recueillait de beaux cristaux d'apatite chlorée. On peut employer des os calcinés comme matière première dans cette expérience, ou encore l'apatite naturelle pulvérisée, ce qui fournit des échantillons à la fois chlorés et fluorés.

Le même auteur[6] a plus tard reproduit l'apatite par fusion au rouge blanc, dans

1. *C. R.*, 1851, t. XXXII, p. 625. — *L'Inst.*, t. XIX, p. 654. — *Bull. Soc. Géol.*, 1851, p. 347. — *Ann. des Mines*, 4e série, t. XIX, p. 864. — *J. pr. Chem.*, 1851, p. 123. — *Jahrb. f. Min.*, 1857, p. 110.
2. *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXVII, p. 443. — *Chem. Centr.*, 1864, p. 145. — *Jahresb.*, 1863, p. 148.
3. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXII, p. 388.
4. *Ann. Chem. Pharm.*, t. XCVII, p. 95.
5. *Oversigt af det Vidensk. Selsk. Forhandl.* 1853. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. XIV, p. 77. — *Jahrb. f. Min.*, 1855, p. 100. — *Pogg. Ann.*, t. XCI, p. 1568. — *J. pr. Chem.*, t. LXII, p. 171.
6. *Ann. Chem. Pharm.*, t. XC. p. 322.

un creuset fermé, d'un excès de chlorure de sodium avec diverses roches phosphorifères (marne de Moën, terre à briques de la marne à cyprines de Flensborg, argiles de Sylt et de Copenhague, minerai de fer des marais). La masse lessivée abandonne des prismes d'apatite et des lamelles hexagonales d'un silicate complexe voisin du mica.

H. Sainte-Claire Deville et Caron[1] ont obtenu l'apatite par fusion, dans un creuset de charbon de cornue, du phosphate tricalcique avec un excès de chlorure de calcium additionné ou non de fluorure. C'est, comme on le voit, la méthode de Forchhammer, mais les auteurs l'ont généralisée et obtenu toute une famille d'*apatites* dont nous parlerons plus loin.

D'après ces auteurs, l'apatite, en présence de vapeurs chlorurées, est susceptible de cristalliser par sublimation.

On doit à M. Debray deux autres méthodes permettant de préparer des cristaux d'apatite.

La première[2] est une réaction par voie humide : il suffit de chauffer en tube clos à 250° du phosphate bicalcique ordinaire $2CaO,HO,PhO^5$ avec une solution de chlorure de calcium.

Le deuxième procédé[3] consiste à faire passer un courant d'acide chlorhydrique sur du phosphate tricalcique chauffé au rouge. Tout le phosphate se transforme en apatite; on peut même utiliser cette réaction pour doser le phosphore.

L'apatite ne peut être obtenue par fusion purement ignée de ses éléments; elle est, en effet, peu fusible et perd dans ces circonstances du chlore ou du fluor. On n'a pas réussi non plus jusqu'à présent à l'obtenir en association avec des silicates, à la façon de l'apatite des roches.

PYROMORPHITE.

$3PbO,PhO^5 + \frac{1}{3} PbCl$ $\qquad$ $Pb^5Cl(PhO^4)^3$.

Gisement. — La pyromorphite est un minéral secondaire des filons de galène.

Reproduction accidentelle. — Nöggerath[4] a signalé des cristaux de pyromorphite accidentellement produits à l'usine d'Asbach près Trèves, où se traitaient des minerais de fer renfermant du plomb et du phosphore.

Méthodes de reproduction. — Manross[5], le premier, a obtenu des échantillons de pyromorphite par fusion du phosphate de soude avec du chlorure de plomb. La masse est abandonnée à un lent refroidissement, puis, lorsque la solidification est commencée, on décante le creuset où se fait l'opération, de manière à avoir

1. *C. R.*, t. XLVII, p. 985. — *L'Inst.*, 1858, p. 413. — *Rép. Chim. pure et appl.*, t. I, p. 170. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CIX, p. 242. — *Jahresber.*, 1858, p. 73. — *Chem. Centr.*, 1859, p. 157.
2. *C. R.*, 1861, t LII, p. 43. — *Ann. chim. phys.*, t. LIX, p. 419.
3. *C. R.*, 1864, t. LIX, p. 42.
4. *Jahrb. f. Min.*, 1847, p. 37.
5. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXII, p. 82.

une géode de cristaux. Ceux-ci sont de longs prismes hexagonaux pyramidés, répondant à la formule de la pyromorphite et possédant la densité 7,008.

La méthode de Forchhammer réussirait à l'égard de la pyromorphite, quoique ce savant n'ait pas fait l'expérience. H. Sainte-Claire Deville et Caron[1] notamment, ont opéré par fusion du phosphate triplombique avec du chlorure de plomb et du sel marin, en ayant soin de ne pas dépasser le rouge vif. On recueille de beaux prismes hexagonaux de pyromorphite.

H. Deville et Caron ont observé, de plus, que la pyromorphite peut aussi cristalliser par sublimation en présence des vapeurs de chlorure de plomb.

M. H. Debray[2] a préparé de la pyromorphite, en chauffant à 250° en tube scellé un mélange humide de chlorure de plomb et de phosphate diplombique $2PbO,HO,PhO^5$ précipité; le chlorure de plomb peut, dans cette expérience, être remplacé par celui de sodium.

La pyromorphite naturelle fondant au chalumeau sur le charbon donne, comme on sait, un globule qui devient très cristallin par refroidissement. Kenngott[3] a rapporté ces cristaux à la pyromorphite; mais on a reconnu depuis qu'ils sont constitués par du phosphate triplombique non chloruré, attendu qu'ils prennent naissance lorsqu'on est parti du phosphate pur; il y a d'ailleurs toujours volatilisation du chlorure de plomb, lorsque la pyromorphite est fondue seule.

MIMÉTÈSE.

$3PbO,AsO^5 + \frac{1}{3} PbCl$ $Pb^5Cl(AsO^4)^3$.

Gisement. — La mimétèse est un minéral secondaire des filons de galène.

Méthodes de reproduction. — M. H. Debray[4] a reproduit la mimétèse par voie humide en opérant comme pour la pyromorphite, sauf remplacement du phosphore par de l'arsenic.

M. Lechartier[5], dans un travail d'ensemble sur les apatites et wagnérites arséniées, a reproduit la mimétèse; il employait la méthode de Sainte-Claire Deville et Caron, sauf substitution de l'arséniate au phosphate triplombique (voir plus loin). $D = 3,73$.

On pourrait évidemment, par l'une ou l'autre de ces deux méthodes, préparer des mélanges isomorphes de pyromorphite et de mimétèse (*campylite*).

1. *C. R.*, 1858, t. XLVII, p. 985. — *Ann. chim. phys.*, 1863, 3e série, t. LXVII, p. 451.
2. *C. R.*, 1851, t. LII, p. 44.
3. *Sitzungsber. d. k.k. Acad. Wiss. Wien.*, t. X, p. 179.
4. *Loc. cit.*
5. *C. R.*, 1867, t. LXV, p. 172.—*Phil. Mag.* (4), t. XXXIV, p. 223.—*Zeitsch. f. Chem.*, 1867, p. 563.

VANADINITE.

$3PbO,VO^5 + \frac{1}{3} PbCl$ $Pb^5Cl(VO^4)^3$.

La vanadinite est un minéral des filons.

Elle a été reproduite par M. Hautefeuille[1] au moyen de la fusion de l'acide vanadique et de l'oxyde de plomb avec du chlorure de plomb en excès. Il se forme de longs prismes hexagonaux, isomorphes avec l'apatite et la pyromorphite et possédant la composition de la vanadinite. $D = 6,7$.

WAGNÉRITE.

$3MgO,PhO^5 + MgFl$ Mg^2FlPhO^4.

Gisement. — La wagnérite est un minéral des filons assez rare.

Méthodes de reproduction. — H. Sainte-Claire Deville et Caron[2] ont préparé, comme nous le verrons plus loin, toute une série de composés isomorphes avec la wagnérite. Ils ont reproduit notamment la wagnérite elle-même par fusion du phosphate tribasique d'ammoniaque avec du fluorure de magnésium et un excès de chlorure de magnésium.

Après lessivage de la masse, on recueille des prismes clinorhombiques de densité 3,65, dont la composition est identique à celle de la wagnérite. Il en est de même de la forme cristalline, laquelle se compose des faces $p, m, h^1, o^1, g^3, e^{1/2}$. La face o^1 n'a pas été signalée dans les cristaux naturels. On a mesuré les angles suivants : $p\,e^{1/2} = 55°18'$; $e^{1/2}e^{1/2} = 69°24'$; $mm = 84°13'$; $ph^1 = 71°58'$; $p\,g^3 = 81°10'$; $e^{1/2}g^3 = 35°55'$; $p\,o^1 = 31°55'$; $h^1\,o^1 = 40°3'$.

Les mêmes auteurs, en supprimant le fluorure de magnésium employé dans l'expérience précédente et ne se servant que du chlorure, ont préparé de gros cristaux à faces peu réfléchissantes de *wagnérite chlorée* $3MgO,PhO^5 + MgCl$ ou Mg^2ClPhO^4; il y a isomorphisme avec le produit fluoré : $g^3h^1 = 103°$; $h^1m = 42°$

TRIPLITE.

$3(Fe,Mn)O,PhO^5 + (Fe,Mn)Fl$ $(Fe,Mn)^2FlPhO^4$.

Ce composé est un minéral des filons stannifères qui n'offre jamais de formes cristallines bien nettes. Ses propriétés optiques sont celles des substances clinorhombiques. La triplite est, comme l'on voit, la wagnérite à base de fer et de manganèse ; c'est à tort qu'on lui a donné le nom de *Eisen-Apatit*.

H. Sainte-Claire Deville et Caron ont obtenu par leur méthode habituelle des

1. *C. R.*, 1873, t. LXXVII, p. 896.
2. *Ann. de chim. et de phys.*, 1863, 3e série, t. LXVII, p. 451
3. *Loc. cit.*

chloro- ou fluophosphates de manganèse et de fer, offrant, les uns la composition des apatites, les autres celle des wagnérites.

L'*apatite de manganèse* $3MnO,PhO^5 + MnFl$, se prépare par fusion du phosphate triammonique avec du fluorure de manganèse et un excès de chlorure du même métal; elle forme des lamelles enchevêtrées.

L'*apatite de fer et de manganèse* se présente en lamelles rougeâtres indéterminables; elle s'obtient par fusion du phosphate triferreux avec un peu de protochlorure de fer et un excès de chlorure de manganèse.

La *wagnérite de manganèse chlorée* constitue des cristaux volumineux, mais indéterminables à cause de leur enchevêtrement; elle se prépare par fusion du phosphate triammonique avec le chlorure de manganèse en excès.

Enfin, la *wagnérite de fer et de manganèse chlorée* ou *triplite chlorée* se prépare par fusion de l'acide phosphorique avec des chlorures de fer et de manganèse; le produit affecte la forme de cristaux indéterminables.

PRODUITS ARTIFICIELS APPARTENANT AUX FAMILLES DES APATITES ET DES WAGNÉRITES.

Les minéraux qui précèdent ne sont pas seulement intéressants au point de vue de leur rôle dans la nature et de leur constitution chimique spéciale (ils renferment les résidus monoatomiques $M''Cl$ ou $M''Fl$); ils sont encore les termes de deux familles comprenant un grand nombre de composés isomorphes entre eux; ces deux séries, qui sont celles des apatites et des wagnérites, ont été l'objet d'importants travaux de plusieurs chimistes. Nous allons les énoncer brièvement.

Travaux de H. Sainte-Claire Deville et Caron. — Ces savants expérimentateurs[1] ont appliqué vis-à-vis de diverses bases, la méthode qui leur avait fourni l'apatite et la wagnérite (fusion, dans un creuset de charbon, des phosphates tribasiques avec un excès de chlorure correspondant avec ou sans fluorure). Ils ont opéré ainsi à l'égard des bases suivantes : baryte, strontiane, chaux, magnésie, manganèse, fer, plomb. Ils ont mis en évidence ce résultat, que les chlorophosphates de baryte, strontiane et plomb appartiennent toujours à la série des apatites caractérisées par la forme hexagonale; le chlorophosphate de magnésie se rapporte toujours à la wagnérite, espèce clinorhombique.

Le fer et le manganèse fournissent des wagnérites; les auteurs ont cependant réussi à produire des apatites de fer et de manganèse en cristaux confus, mais seulement à l'état de combinaisons fluorées.

Enfin, la chaux donne tantôt de l'apatite et tantôt une wagnérite, cette dernière se produisant en présence d'un grand excès de chlorure de calcium. On remarquera que les bases qui fournissent des apatites sont celles qui donnent des carbonates orthorhombiques, tandis que les apatites proviennent, en général, des bases correspondant aux carbonates rhomboédriques. Dans la série des chlorophosphates, comme dans celle des carbonates, la chaux joue, on le voit, suivant l'expression de H. Sainte-Claire Deville et Caron, le rôle de *pivot*.

1. *Ann. de chim. et de phys.* 1863, t. LXVII, p. 443.

Nous avons décrit plus haut les apatites de fer et de manganèse, de chaux, de plomb, ainsi que les wagnérites de magnésie, de fer et de manganèse. Voici encore les autres espèces obtenues par les auteurs du mémoire qui nous occupe :

L'*apatite de baryte* se fait par fusion du phosphate tribasique de baryte avec un excès de chlorure de baryum, elle forme des petits prismes hexagonaux très brillants à pointements rhomboédriques.

L'*apatite de strontiane* se présente en longs prismes hexagonaux; elle s'obtient par fusion du phosphate tristrontianique ou triammonique avec du chlorure de strontium en excès.

La *wagnérite de chaux* se prépare par fusion du phosphate tricalcique avec le chlorure de calcium employé en grand excès; le produit constitue des petits cristaux d'une grande netteté, possédant une forme orthorhombique, et offrant un isomorphisme partiel dans la zone *mm* seulement avec la wagnérite magnésienne naturelle. On a $mm = 96°40'$; $mh^1 = 138°25'$; $D = 3{,}05$.

On prépare une *wagnérite calcico-magnésienne* renfermant à la fois du fluor et du chlore par fusion du phosphate trimagnésique avec du fluorure de calcium et un excès de chlorure de calcium. Les cristaux sont isomorphes avec la wagnérite, mais la zone d'allongement est différente; les faces dominantes sont o^2 et a^7/s, qui n'existent pas dans la wagnérite naturelle; les faces m, g^5, h^1 sont peu développées. On remarque une hémiédrie portant sur les faces p et a^7/s.

Travaux de M. H. Debray. — M. Debray[1] a étudié la réaction en tube clos à 250° des phosphates ou arséniates bibasiques sur une solution de chlorure correspondant. Indépendamment de l'apatite et de la pyromorphite dont nous avons parlé, il a obtenu une *apatite arséniée de chaux* $3CaO,AsO^5 + \frac{1}{3}CaCl$, laquelle n'existe pas dans la nature; il est probable que la mimétèse se préparerait par le même procédé.

M. Debray a constaté que, si cette méthode est appliquée vis-à-vis de la magnésie, des oxydes de fer ou de manganèse, on ne recueille ni apatites ni wagnérites, mais seulement des phosphates tribasiques cristallisés.

Travaux de M. Lechartier. — Ce savant[2] a mis en œuvre la méthode de H. Sainte-Claire Deville et Caron pour préparer les chloro- et fluo-arséniates correspondant aux combinaisons phosphatées obtenues par ces expérimentateurs.

La fusion des arséniates tribasiques avec le chlorure correspondant, employé en excès et additionné de fluorure, lui a donné une série d'apatites et de wagnérites arséniées. L'opération se conduit dans un creuset de porcelaine; pour certaines préparations, l'auteur partait du phosphate triammonique.

La baryte, la strontiane et le plomb fournissent toujours des apatites; le manganèse et la magnésie, au contraire, ne peuvent fournir que des wagnérites. Il y a donc analogie parfaite avec les combinaisons phosphatées; ici encore la chaux sert de pivot : elle fournit à volonté une apatite ou une wagnérite, suivant que la tempé-

1. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 44. — *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. LXI, p. 419.
2. *C. R.*, 1867, t. LXV, p. 172.

rature atteint le rouge vif ou seulement le point strietement nécessaire pour fondre le ehlorure de ealcium. D'ailleurs, avee la chaux, si du fluor intervient, il ne se fait que de l'apatite.

M. Leehartier a préparé les *arsénio-apatites chlorées de chaux* (D = 3,55), *de baryte*, *de strontiane* et *de plomb* (D = 3,73), ainsi qu'une *arsénio-apatite de chaux chloro-fluorée*.

Tous ees composés eonstituent des prismes hexagonaux isomorphes avec l'apatite.

Les arsénio-wagnérites préparées par M. Leehartier sont les suivantes : *arsénio-wagnérites chlorées de chaux*, *de magnésie* (D = 3,45) et *de manganèse*, ainsi qu'une *arsénio-wagnérite de magnésie chloro-fluorée*.

Tous ces eomposés appartiennent, d'après l'auteur, à la forme orthorhombique; mais il y a isomorphisme partiel dans la zone du prisme *m* avec la wagnérite.

Travaux de M. Hautefeuille. — Nous avons vu que M. Hautefeuille a reproduit la vanadinite par une méthode analogue aux préeédentes. Il a ehereché vainement à préparer d'autres eomposés vanadiques de la famille des apatites ; il a seulement obtenu[1] par fusion de l'aeide vanadique avee du chlorure de ealeium une *vanadio-wagnérite calcique* $3CaO,VO^5+CaCl$ ou $Ca^2Cl(VO^4)^3$ possédant la densité 4,01 et offrant les faces m et h^1 d'un prisme elinorhombique isomorphe avec la wagnérite.

Travaux de M. Ditte. — On doit à M. Ditte d'importants travaux sur la double série des apatites et des wagnérites.

Dans un premier mémoire[2], l'auteur s'est attaché à faire voir que, lorsque du phosphate de ehaux se trouve fondu en présenee d'un chlorure, les produits eristallins prennent naissanee d'après les lois connues de la dissoeiation, et que les phénomènes observés sont du même ordre que eeux qui régissent la formation des divers hydrates d'un même sel au sein d'une dissolution aqueuse. Ainsi du phosphate de ehaux étant fondu avee du sel marin, l'apatite ne prend naissanee que si le phosphate de ehaux est en quantité suffisante, sans quoi elle eède la plaee à des paillettes nacrées du phosphate caleieo-sodique $2CaO,NaO,PhO^5$ ou $CaNaPhO^4$.

La wagnérite caleique ne peut se former qu'en présenee d'une quantité suffisante de ehlorure de ealeium. L'auteur explique par des eonsidérations du même ordre, ee fait, déeouvert par Sainte-Claire Deville et Caron, que l'on obtient à volonté, dans le ehlorure de ealeium, de l'apatite ou de la wagnérite, suivant la proportion du dissolvant.

Les autres mémoires[3] de M. Ditte eomprennent la deseription des apatites et wagnérites bromées ou iodées, renfermant les aeides phosphorique, arsénique ou vanadique, et, comme bases, la baryte, la strontiane, la ehaux, la magnésie, l'oxyde de manganèse ou l'oxyde de plomb. L'auteur a obtenu subsidiairement quelques ortho-, pyro- et métaphosphates, arséniates et vanadates cristallisés, ne renfermant pas d'élément halogène.

1. *C. R.*, 1873, t. LXXXVII, p. 896.
2. *C. R.*, 1882, t. XCIII, p. 1592.
3. *C. R.*, 1883, t. XCVI, p. 575, 846, 1048 et 1226.

PHOSPHATES ET ARSÉNIATES HYDRATÉS.

STERCORITE.

$AzH^4O,NaO,HO,PhO^5 + 8HO$ $AzH^4NaHPhO^4 + 4H^2O.$

Ce composé a été rencontré à l'état naturel dans le guano; il s'obtient aisément cristallisé dans les laboratoires, où il constitue le *sel de phosphore* employé pour le chalumeau.

HAIDINGÉRITE.

$2CaO,HO,AsO^5 + 3HO$ $CaHAsO^4 + \frac{3}{2}H^2O.$

C'est un minéral secondaire des filons; on trouve aussi sa formule écrite avec 2HO ou H^2O.

M. H. Debray[1] en a effectué la synthèse par digestion à froid d'une solution d'acide arsénique sur le carbonate de chaux.

D'après M. Warington[2], le *phosphate de chaux* obtenu par lente précipitation répond à la formule $2CaO,HO,PhO^5 + 3HO$ et forme de petits prismes rhombiques isomorphes avec l'haidingérite.

NEWBERYITE.

$2MgO,HO,PhO^5 + 6HO$ $MgHPhO^4 + 3H^2O.$

M. Debray[3] a préparé ce sel à l'état de petits cristaux en laissant digérer à froid de l'acide phosphorique avec du carbonate de magnésie, puis filtrant et évaporant à 100°. Il est plus avantageux encore de faire bouillir du phosphate acide de magnésie avec le carbonate de la même base.

STRUVITE.

$2MgO,AzH^4O,PhO^5 + 12HO$ $MgAzH^4PhO^4 + 6H^2O.$

Ce sel a été rencontré à l'état naturel dans les guanos, ou dans le sol des villes, où il provient de la décomposition de matières animales.

Il n'est autre que le *phosphate ammoniaco-magnésien* des laboratoires, lequel, lorsque sa précipitation est lente et effectuée en liqueur neutre ou légèrement acide, forme des prismes rhombiques hémièdres. Nous avons observé qu'on peut obtenir

1. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 44. — *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXI, p. 419. — *L'Inst.*, 1861, p. 9. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXV, p. 50. — *J. pr. Chem.*, t. LXXXIII, p. 428.
2. *Journ. Chem. Soc.* (2), t. IV, p. 296, et t. IX, p. 80.
3. *Ann. de chim. et phys.*, (3) t. LXI, p. 430.

des cristaux atteignant 1 millimètre, par réaction à travers une cloison poreuse du phosphate d'ammoniaque sur le sulfate de magnésie.

On sait que l'*arséniate ammoniaco-magnésien* ainsi que le *phosphate* et l'*arséniate potassico-magnésiens* sont isomorphes avec le sel qui précède.

REDDINGITE.

$3MnO,PhO^5 + 3HO$ $\qquad$ $Mn^3(PhO^4)^2 + 3H^2O.$

Ce composé a été obtenu par M. Debray[1] sous forme cristalline, en chauffant à 100° dans l'eau le phosphate $2MnO,HO,PhO^5 + 6HO$; on peut encore chauffer à la même température un mélange de deux solutions, l'une de sulfate de manganèse, l'autre de phosphate d'ammoniaque.

Ce composé est peu différent de l'*hureaulite* naturelle, dont la formule, très voisine de $3(Mn,Fe)O,PhO^5 + 2HO$, n'est pas connue avec certitude.

VIVIANITE.

$3FeO,PhO^5 + 8HO$ $\qquad$ $Fe^3(PhO^4)^2 + 8H^2O.$

Gisement. — La vivianite est un minéral secondaire des filons.

Reproductions accidentelles. — La formation accidentelle de la vivianite a été pour la première fois constatée par Haidinger[2] dans les ossements d'un mineur qui avait été enseveli dans un éboulement à la mine de Tarnowitz, et qui était longtemps resté enfoui.

De même Nicklès[3] a observé des prismes bleus de vivianite qui s'étaient formés dans des ossements provenant du cimetière d'Eumont.

Le phosphate ferreux bleuissant à l'air paraît d'ailleurs se former souvent dans l'organisme sous des influences pathologiques : Friedreich l'a rencontré dans le poumon d'un phtisique; Schlossberger[4] lui attribue la coloration bleue qu'offre parfois le pus; il l'a de plus signalé comme formé aux dépens de clous extraits de l'estomac d'une autruche.

M. Daubrée[5] a décrit des enduits de vivianite formés à la surface d'objets de fer, provenant des thermes de Bourbonne-les-Bains.

Enfin, M. Mallard[6] a signalé de la vivianite formée par oxydation lente aux dépens d'un phosphure de fer, provenant des houillères embrasées de Commentry.

Méthodes de reproduction. — De petits cristaux blancs de vivianite se déposent à la surface des plaques de fer qu'on abandonne à froid au contact d'une solution de phosphate d'ammoniaque.

1. *L. C.*
2. *J. pr. Chem.*, t. XLIV, p. 81.
3. *C. R.*, t. XLI, p. 1169. — *L'Inst.*, 1855, p. 4.
4. *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXII, p. 382. — *Jahrb. f. Min.*, 1848, p. 574.
5. *Géologie expérimentale*, p. 79.
6. *Bull. Soc. Min.*, 1880, t. IV, p. 230.

Becquerel[1] a préparé de beaux échantillons de vivianite par la méthode suivante : dans chacune des branches d'un tube en U, on dispose, d'une part, du sulfate de cuivre avec une tige de cuivre, d'autre part, du phosphate de soude avec une tige de fer ; les deux solutions sont séparées par un tampon d'argile. On amène les deux métaux au contact, et l'on voit à la longue se former sur le fer un dépôt mamelonné blanc constitué par de petits prismes de vivianite.

M. H. Debray[2], en soumettant à des alternatives répétées de chaud et de froid, au contact de l'air, le phosphate ferreux obtenu par précipitation, a vu celui-ci se changer en mamelons cristallins de vivianite.

SCORODITE.

Fe^2O^3,AsO^5+4HO — $Fe^2(AsO^4)^2+4H^2O$.

Gisement. — La scorodite est un minéral secondaire des filons stannifères ; elle provient de l'oxydation du mispickel.

Méthodes de reproduction. — La scorodite a été reproduite par MM. A. Verneuil et L. Bourgeois[3] : du fil de fer est chauffé à 140° en tube scellé, avec une solution concentrée d'acide arsénique. Au bout de quelques heures on voit se former une gelée grise d'arséniate de fer amorphe avec de petits octaèdres d'acide arsénieux. L'action se poursuivant pendant quarante-huit heures, l'arséniate gélatineux se transforme en un produit cristallin identique avec la scorodite ; en même temps les cristaux d'acide arsénieux grossissent. On dissout ceux-ci par une digestion prolongée du produit avec de l'ammoniaque et on recueille la scorodite sous forme de beaux octaèdres orthorhombiques d'un vert clair, doués d'un éclat très vif. Leur densité est 3,28 ; ils résistent à l'action des acides sulfurique et nitrique ; mais ils s'attaquent par l'acide chlorhydrique chaud et par la potasse à froid. Leur composition est celle qui a été indiquée plus haut, Fe^2O^3,AsO^5+4HO. En outre des faces de l'octaèdre $b^{1/2}$ qui sont prédominantes, on remarque les facettes p h^1 g^3 a^1 $a^{1/2}$ e^2. Les propriétés optiques sont les mêmes que celles de l'espèce naturelle.

MM. Verneuil et Bourgeois[4] ont encore obtenu la scorodite par la réaction, dans les mêmes circonstances, de l'acide arsénique concentré sur des cristaux de sulfate ferreux ou sur une solution de sulfate ferrique. Dans ce dernier cas, la scorodite forme de très petits cristaux, sans mélange d'acide arsénieux.

HOPÉITE.

$3ZnO,PhO^5+4HO$ — $Zn^3(PhO^4)^2+4H^2O$.

La hopéite est un phosphate de zinc hydraté d'une extrême rareté ; plusieurs

1. *Ann. chim. phys.*, 1861, t. LIV, p. 149.
2. *C. R.*, 1864, t. LIX, p. 40.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 223. — *Bull. Soc. Min.*, t. III, p. 32. — *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, p. 151.
4. Expériences inédites.

années avant qu'on ne l'eût signalée dans la nature, M. Debray[1] l'avait préparée sous forme de paillettes nacrées blanches en faisant digérer une solution d'acide phosphorique avec du carbonate de zinc et faisant bouillir la liqueur filtrée.

Le même composé prend naissance lorsqu'on maintient pendant quelques jours, à 70° environ au sein de l'eau, le phosphate de zinc obtenu par double décomposition. Le précipité prend de suite l'état cristallin en présence d'acide acétique.

M. Skey[2] a rapporté à la hopéite le précipité cristallin qui prend naissance lorsque du sulfate de zinc est traité par du phosphate de soude en excès.

MM. Friedel et Sarasin[3] ont vu se former des paillettes de hopéite par ébullition d'une solution d'acide phosphorique avec de l'oxyde de zinc ou par réaction à froid de l'acide phosphorique étendu sur la calamine.

Les plus beaux cristaux s'obtiennent en chauffant en tube clos à 150-180°, pendant seize heures, une solution d'acide phosphorique avec de l'oxyde ou du carbonate de zinc. Au-dessus de 180°, la hopéite cède la place à un phosphate moins hydraté $3ZnO,PhO^5+HO$, déjà obtenu par M. Debray. Il convient, dans ces expériences, que des poids égaux de ZnO et de PhO^5 réagissent mutuellement.

La hopéite artificielle constitue des lamelles orthorhombiques aplaties suivant g^1, bordées par m, p et a^3; leur contour est rectangulaire ou hexagonal; on a mesuré approximativement $mm = 120°$, $m\ g^1 = 120°$, $a^3\ a^3 = 150°$. Le plan des axes optiques est transversal comme dans le produit naturel.

Ces expériences ont permis de fixer la composition de la hopéite.

LIBÉTHÉNITE.

$3CuO,PhO^5+CuO,HO$ $\qquad$ $Cu^2(OH)PhO^4$.

Gisement. — La libéthénite est un produit secondaire des filons concrétionnés.

Méthodes de reproduction. — M. Debray[4] a obtenu par digestion à 70° du carbonate de cuivre avec de l'acide phosphorique étendu, du phosphate tricuivrique bleu cristallisé $3CuO,PhO^5+3HO$ ou $Cu^3(PhO^4)^2+5H^2O$, lequel n'existe pas dans la nature. Mais si ce phosphate est chauffé en tube clos avec de l'eau au-dessus de 250°, il ne tarde pas à se changer en beaux octaèdres orthorhombiques de libéthénite.

La présence de sels de cuivre en dissolution facilite beaucoup la réaction; avec le chlorure de cuivre, la libéthénite se forme à 200°; avec du sulfate ou de l'azotate, la réaction se fait à 150°.

M. Debray a encore obtenu la libéthénite, par réaction en tube clos, au-dessus de 100°, d'une solution de nitrate de cuivre sur le phosphate bicalcique précipité.

MM. Friedel et Sarasin[5] ont fait remarquer l'extrême stabilité de la libéthénite;

1. *C. R.*, 1864, t. LIX, p. 40. — *Ann. de chim. et phys.*, 1860, t. LXI, p. 436.
2. *Chem. News*, t. XXII, p. 61.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 153.
4. *C. R.*, 1861, t. LII, p. 44. — *L'Inst.*, 1861, p. 9. — *Ann. chim. phys.* (3), t. LXI, p. 439. — *Bull. Soc. Chim.*, 10 févr. 1860. — *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXV, p. 50. — *Jahresb.* 1860, p. 72.
5. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 157.

la température de 100° suffit pour transformer assez rapidement en libéthénite le phosphate tribasique de cuivre. Ils ont vu se former ce phosphate dans un grand nombre d'expériences, soit en chauffant avec l'eau le phosphate obtenu par précipitation, soit en faisant réagir l'acide phosphorique sur l'oxyde ou le carbonate de cuivre.

On obtient, d'après MM. Friedel et Sarasin, des échantillons de libéthénite atteignant 1 millimètre, lorsqu'on opère en vase clos à 180°, avec un excès d'acide phosphorique. Les cristaux sont formés des faces m et a^1. On a $mm = 87°30'$ et $a^1 a^1 = 70\text{-}71°$.

Les auteurs ont reconnu que le produit artificiel, comme la libéthénite naturelle, calciné dans un petit tube bouché, se change en une poudre brune à chaud, devenant à froid d'un beau vert. Au contraire l'olivénite ne donne dans les mêmes conditions qu'un produit brun.

OLIVÉNITE.

$3CuO,AsO^5 + CuO,HO$ — $Cu^2(OH)AsO^4$.

L'olivénite possède les mêmes gisements que le minéral précédent, avec lequel elle est isomorphe.

M. Debray[1] a obtenu de petits octaèdres vert olive, identiques avec l'olivénite, par chauffage en tube clos avec de l'eau ou de l'azotate de cuivre, de l'arséniate tricuivrique précipité. La réaction a lieu vers 120°.

MM. Friedel et Sarasin[2] ont observé que l'olivénite est relativement moins stable que la libéthénite dans les mêmes circonstances. Elle cède souvent la place à d'autres arséniates de cuivre, ou à des arséniates doubles de soude et de cuivre.

CHALCOLITE.

$2U^2O^3,CuO,PhO^5 + 8HO$ — $(UO)^4Cu(PhO^4)^2 + 8H^2O$.

Gisement. — Ce minéral appartient, comme le précédent, aux produits secondaires des filons concrétionnés.

Méthodes de reproduction. — M. Debray[3] a préparé la chalcolite en lamelles quadratiques vert pâle par digestion vers 60° du phosphate tribasique de cuivre avec une solution de nitrate d'urane. Réciproquement, le même sel s'obtient par réaction, dans les mêmes circonstances, du nitrate de cuivre sur le phosphate d'urane précipité.

M. Debray a cherché à reproduire par la même méthode l'*autunite* ou *uranite* $2U^2O^3,CaO,PhO^5 + 8HO$, laquelle constitue le sel calcique correspondant à la chalcolite et peut être considérée comme isomorphe avec cette dernière, malgré sa

1. *Loc. cit.*
2. *Loc. cit.*
3. *Loc. cit.*

forme rhombique. M. Debray n'a pas réussi à voir se former l'autunite, mais il s'est constitué à sa place le sel U^2O^3,CaO,HO,PhO^5+nHO.

ZEUNÉRITE

$2U^2O^3,CuO,AsO^5+8HO$ $(UO)^4Cu(AsO^4)^2+8H^2O$.

Werther[1] a obtenu ce sel, correspondant à la chalcolite, en faisant bouillir de l'arséniate d'urane avec de l'acétate de cuivre.

1. *J. f. pr. Chem.*, t. XLIV, p. 127

TANTALATES ET NIOBATES

TANTALITE

FeO,TaO^5 $Fe(TaO^5)^2$.

Ebelmen[1] a obtenu un produit cristallin qu'il n'a pas déterminé, par fusion prolongée d'un mélange de silice, d'acide tantalique, d'oxyde de fer, de potasse et de chaux.

PYROCHLORE ET KOPPITE.

M. Joly[2] a obtenu un fluoniobate de chaux par fusion de l'acide niobique avec le fluorure de calcium; le produit ne peut être complètement débarrassé des matières étrangères; il forme comme le pyrochlore et la koppite des octaèdres réguliers, mais sa composition est vraisemblablement bien plus simple.

NIOBITE OU COLOMBITE.

$(Fe,Mn)O,Nb^2O^5$ $(Fe,Mn)(NbO^3)^2$.

Ce minéral, que la nature offre dans les filons stannifères, a été reproduit par M. Joly[3] par fusion de cinq parties d'acide niobique, quatre de FeFl et deux de MnFl. Il a obtenu ainsi de petits cristaux noirs ayant la forme des échantillons du Groënland. $D = 5,24$.

M. Joly a, par des procédés semblables, reproduit la niobite purement ferreuse ou purement manganésienne, FeO,Nb^2O^5 et MnO,Nb^2O^5. Il chauffait au rouge blanc pendant une heure de l'acide niobique avec du fluorure de fer ou de manganèse et un excès de chlorure de potassium. Les produits obtenus constituent des prismes orthorhombiques noirs ou roses, isomorphes avec la niobite et offrant les faces $m, h^1\, h^3, h^4/_3, a^2, a^1/_2, p, g^1$ et $g^4/_3$. On a $mm = 100°40'$; $h^1 a^2 = 117°44'$.

M. Joly a préparé de même le niobate de magnésie MgO,Nb^2O^5 en cristaux isomorphes avec les précédents.

1. *C. R.*, 1851, t. XXXIII, p. 525.
2. *Ann. scient. de l'Ec. norm. sup.*, 1876, et *thèse*, p. 61.
3. *Ann. scient. de l'Ec. norm. sup.*, 1876, et *thèse*, p. 63.

MELLATES

MELLITE.

$Al^2O^3,C^{12}O^9+18HO$ $\qquad$ $Al^2C^6(CO^2)^6+18H^2O.$

Gisements. — La mellite ne s'est rencontrée que dans les mines de lignite.

Méthodes de reproduction. — Il convient de dire d'abord quelques mots de la synthèse de l'acide mellique, dont on écrivait autrefois la formule C^4O^3,HO.

Les beaux travaux de M. Baeyer[1], sur les dédoublements de cet acide, ont démontré que sa molécule doit être sextuplée et qu'il constitue un acide hexatomique et hexbasique dérivé de la benzine C^6H^6, par le remplacement des six atomes de carbone par six molécules de carboxyle CO^2H. Sa formule est donc $C^6(CO^2H)^6$ ou $C^{12}H^6O^{12}$.

La synthèse de l'acide mellique, due à MM. Friedel et Crafts[2], est venue confirmer cette manière de voir; ces savants partaient de l'hexaméthyl-benzine $C^6(CH^3)^6$ obtenue en chauffant de la benzine avec du chlorure de méthyle en présence du chlorure d'aluminium.

L'oxydation de cette hexaméthyl-benzine par le permanganate de potasse change CH^3 en CO^2H, et donne lieu à la formation d'un acide identique à l'acide mellique retiré de la mellite.

Ajoutons que si l'on parvenait à préparer le cyanure de carbone $C^6(CAz)^6$, correspondant à la benzine perchlorée, il suffirait de traiter ce composé par l'eau et l'acide chlorhydrique ou la potasse, pour obtenir de l'acide mellique.

Il existe un autre moyen très simple de faire de l'acide mellique artificiel; ce composé se produit toujours lorsqu'on électrolyse de l'eau pure ou additionnée d'acides ou d'alcalis, en se servant d'électrodes de charbon de cornue. Il est accompagné d'autres acides benzo-carboniques (MM. Bertoli et Papasogli[3]). L'acide mellique se produit encore avec acide oxalique par réaction du permanganate de potasse en solution alcaline sur le charbon de bois ou même le graphite (M. Schulze)[4], C'est peut-être dans des conditions analogues qu'a pris naissance la mellite naturelle.

Quoi qu'il en soit, la synthèse de la mellite a été effectuée par MM. Friedel et

1. *Ann. der Chem. u. Pharm.*, suppl., t. VII, p. 1. — *Ber. d. deut. Chem. Gesells.*, t. IV p. 273.
2. *C. R.*, 1880, t. XCI, p. 257. — *Bull. Soc. Min.*, t. III, p. 189.
3. *Il nuovo Cimento*, t. VII et VIII.
4. *Ber d. deutsch, chem. Ges.*, 1871, p. 802.

Balsohn[1], au moyen d'une réaction lente par diffusion. Un tube à essai fêlé était rempli d'une solution de mellate de potasse ou de soude et plongé dans un vase contenant une solution bien neutre de chlorure d'aluminium. Bientôt un précipité blanc s'est formé dans la fente, puis on a vu du côté du chlorure d'aluminium se constituer sur le tube des octaèdres, dont les dimensions se sont rapidement accrues. Les cristaux, au bout de quinze jours, étaient déjà mesurables. Ce sont des octaèdres quadratiques $b^{1/2}$, sans modifications, identiques à ceux de mellite. On a $b^{1/2}b^{1/2}$ (sur a^1) $= 118^{\circ}16'$ et $b^{1/2}b^{1/2}$(sur m) $= 93^{\circ}40'$. La double réfraction est uniaxe négative. La composition quantitative et tout l'ensemble des propriétés sont bien celles de la mellite. Les grands cristaux sont accompagnés d'une matière blanche que le microscope fait voir n'être formée que de très petits octaèdres de mellite.

On peut encore opérer en faisant communiquer les deux solutions réagissantes par l'intermédiaire d'un fil, de telle façon que le chlorure se diffuse plus vite que le mellate.

Dans ces expériences, on ne saurait se servir de la diffusion au travers d'une membrane, parce que le chlorure d'aluminium se dialyse, l'acide chlorhydrique va se porter du côté du mellate alcalin et vient former avec lui un sel acide, tandis qu'il ne se forme pas de mellite.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t IV, p. 26.

REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES ROCHES

ROCHES SÉDIMENTAIRES ET MÉTAMORPHIQUES

Nous n'avons qu'un petit nombre de documents à citer pour ce qui concerne les roches sédimentaires; comme l'on sait, l'originalité de ces roches réside moins dans leur composition chimique et dans leur état plus ou moins cristallin, que dans les débris organisés qu'elles nous transmettent et dans la trace des actions mécaniques qu'elles ont subies.

Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage, consacré à l'exposé d'une application particulière de la chimie, de donner des détails sur les procédés qui ont permis de reproduire et d'imiter dans les laboratoires quelques-uns des accidents de structure qu'on remarque fréquemment dans les roches sédimentaires, comme la schistosité, le longrain, les plissements de couches, les fractures de différents ordres, les failles.

Nous renverrons le lecteur, pour l'étude de cet ordre de choses, au beau livre de M. Daubrée, intitulé *Études synthétiques de géologie expérimentale*[1].

Depuis la publication de cet ouvrage, plusieurs travaux ont eu lieu sur l'imitation des actions mécaniques auxquelles les roches ont été soumises dans la nature. Nous citerons un mémoire étendu de M. W. Spring[2], dans lequel ce savant décrit la propriété que possèdent les corps de se souder sous l'action de la pression. L'auteur plaçait des matières pulvérulentes dans un instrument formé essentiellement d'une sorte de mortier d'Abich, sur le piston duquel s'appuyait un levier semblable à ceux des soupapes de sûreté des chaudières à vapeur. Cet appareil fort simple, et qui fournit de bons résultats, a permis à M. Spring d'exercer des pressions variables suivant la position du poids mobile et s'élevant jusqu'à 5000 atmosphères; sous l'influence de ces compressions énormes, l'auteur a vu s'effectuer la cristallisation en masse de différentes substances pulvérulentes sur lesquelles il expérimentait.

Les résultats obtenus par M. W. Spring ont été contestés par MM. Jannettaz,

1. Paris, Dunod, 1879.
2. *Ann. chim. phys.*, 1881, 5e série, t. XXII, p. 170.

Neel et Clermont[1], qui ont expérimenté au moyen d'une presse très puissante mise à leur disposition par la Compagnie P.-L.-M. ; une pression de 10 000 kilogrammes par centimètre carré pouvait être exercée. Les expériences ont porté sur divers métaux ou alliages en poudre impalpable, sur les sulfures de plomb et de zinc précipités, sur les chlorures de sodium, de plomb, de mercure (calomel), et l'iodure mercurique, sur la magnésie, la silice, l'alumine précipitées, la craie et le sulfate de cuivre.

Toutes ces poudres, comprimées jusqu'à 6000 et même 8000 atmosphères, se sont comme agglutinées en masse solide, mais on n'a observé aucun phénomène de véritable cristallisation. La craie, la silice, l'alumine, la magnésie notamment, sont restées terreuses.

On a vu seulement se produire une structure schisteuse jouant la cristallisation; le plan de schistosité est, comme dans les expériences de MM. Sorby, Tyndall et Daubrée, perpendiculaire à la pression exercée. Le procédé si ingénieux de M. Jannettaz pour l'étude de la propagation de la chaleur, a permis de s'assurer que l'ellipsoïde thermique est généralement aplati et a son petit axe perpendiculaire à la schistosité qui s'est développée.

Il y a peu de chose à dire relativement à la reproduction des roches sédimentaires considérée au point de vue chimique; les espèces cristallisées, qui entrent dans leur composition, sont principalement le calcaire, la dolomie, l'anhydrite, le gypse; elles s'obtiennent à l'état cristallin par divers procédés, mais les produits que l'on recueille sont toujours moins cohérents, moins agrégés que les roches naturelles. Nous ne parlons pas, bien entendu, du cas où les roches sédimentaires sont constituées par des débris de roches plus anciennes.

Il y a lieu de rappeler aussi l'impuissance singulière où se sont trouvés jusqu'à présent tous les expérimentateurs en ce qui concerne l'imitation des dépôts siliceux de tout ordre (formation des ciments siliceux des grès, des silex de la craie, silicification des fossiles, phénomènes geysériens, etc.). Les conditions naturelles qui président et ont présidé à la dissolution et au dépôt de la silice, sous ses divers états, sont loin d'être élucidées.

Parmi les roches sédimentaires, il en est une catégorie dont nous dirons quelques mots au point de vue qui nous occupe. Nous voulons parler de la houille, dont le mode de formation constitue également un important problème géogénique.

Tous les géologues s'accordent aujourd'hui pour affirmer que la houille provient entièrement de débris végétaux; on sait même, d'après des travaux récents, particulièrement d'après ceux de M. Grand'Eury[2] et de M. Fayol[3], que les dépôts houillers se sont constitués surtout par voie de transport et d'entassement, loin du point où la végétation avait lieu, bien plutôt que par accumulation sur place, comme on l'admettait auparavant.

Il reste à savoir comment la substance organisée, formée des débris des végétaux

1. *Bull. Soc. Chim.*, 1883, t. XL, p. 51.
2. Grand'Eury, *Flore carbonifère de la Loire.*
3. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 160.

houillers, a pu se changer en cette masse compacte, si parfaitement amorphe, que nous appelons la houille. Il faut dire que la question, quoique non encore pleinement résolue, a fait cependant un grand pas à la suite des recherches de M. Fremy[1].

Ce savant, en effet, ayant été conduit à essayer l'action de la chaleur aidée de la pression sur les diverses substances végétales, a mis en lumière ce fait important que la formation de la houille a dû être précédée d'une transformation préliminaire, de l'ordre sans doute de la *fermentation ulmique* ou *tourbeuse*, laquelle a désorganisé entièrement les tissus des plantes houillères. La matière tourbeuse ou ligniteuse ayant ainsi pris naissance, s'est vue à son tour transformée en houille, sans doute sous l'influence de la pression et de la chaleur.

A l'appui de cette manière de voir, M. Fremy a chauffé à 300° au plus, dans des tubes scellés ou des autoclaves, d'une part des organes végétaux intacts, ou des principes immédiats *organisés*, extraits des mêmes végétaux, d'autre part, des substances végétales solubles et *non organisées;* il a reconnu que dans le premier cas on recueille des produits carbonisés non fondus, et conservant l'apparence de l'organisation primitive, tandis que dans le second cas il se fait des matières noires, amorphes, ayant souvent l'aspect d'une matière fondue, insolubles dans tous les dissolvants, et se comportant comme la houille à la calcination. C'est particulièrement sur l'amidon, le sucre, les gommes, sur les acides ulmiques provenant des fermentations tourbeuses, ou de l'attaque de la vasculose, sur l'acide saccharhumique, que l'on peut observer la production artificielle d'une véritable houille.

Quant à la chlorophylle, aux matières colorantes, aux résines, aux corps gras, ils donnent dans les mêmes circonstances de véritables bitumes. C'est sans doute à leur proportion relative dans les organismes des végétaux houillers qu'est due la richesse plus ou moins grande des houilles en principes volatils.

Pour ce qui est de la genèse des roches métamorphiques ou cristallophylliennes (gneiss, micaschistes, amphibolites, schistes à séricite, schistes maclifères, cipolins, serpentines), nous ne pouvons qu'avouer une fois de plus le peu d'importance des inductions que fournit l'expérience relativement à leur mode de formation probable. Il n'y a guère à citer que l'expérience de Hall (v. p. 141), laquelle reproduit dans une certaine mesure la genèse des marbres cristallins. Encore n'explique-t-elle pas la présence des minéraux qui se trouvent fréquemment inclus dans ces marbres (micas, quartz, feldspaths, talc, chlorite, graphite).

1. *C. R.*, 1879, t. LXXXVIII, p. 1048. — *Encyclopédie chimique*, t. IX, 2e section, 1er fasc., p. 144.

ROCHES ÉRUPTIVES ET MÉTÉORITES.

NOTIONS SOMMAIRES DE PÉTROGRAPHIE.

Avant de décrire les expériences faites en vue de reproduire les roches éruptives, nous croyons devoir donner place à quelques détails relatifs à leur manière d'être dans la nature et à leur classification; ces notions sommaires permettront ainsi de rendre plus intelligible ce qui va suivre, au sujet du résultat des opérations synthétiques.

Essayons de définir à quelles conditions doit satisfaire une bonne classification des roches éruptives.

Tout d'abord, il y a lieu de prendre en considération le caractère chimique; les roches qui nous occupent renferment toutes de la silice en quantité très variable (de 40 à 80 pour 100). Il y aura lieu de distinguer, suivant la proportion de silice, des roches acides, neutres ou intermédiaires et basiques.

Mais la composition chimique n'est pas le seul élément à considérer; deux roches pourraient donner à l'analyse en bloc, le même résultat et offrir des propriétés très diverses, par exemple, un granite, un porphyre, et un trachyte.

Pour bien classer les roches, il est essentiel de définir avec rigueur la façon dont les éléments y sont associés, c'est-à-dire de connaître les espèces minérales qui les composent, et de plus le mode de groupement que ces espèces offrent entre elles, ainsi que l'âge relatif de leur formation.

Pendant longtemps la science n'a possédé de données précises que sur les roches *granitoïdes*, dans lesquelles l'œil nu ou armé d'une loupe permettait de spécifier les éléments constituants. Les autres roches qualifiées d'*aphanitiques* ou *cryptocristallines* n'offraient à l'observation qu'une pâte compacte sur laquelle se détachaient fréquemment de grands cristaux visibles à l'œil nu et déterminables, ce qui constituait la structure *porphyroïde*.

Mais tant que les moyens d'investigation ont été bornés à ce mode d'observation, la classification des roches a laissé beaucoup à désirer; une foule de dénominations inutiles ont été créées, tandis que des faits importants restaient dans l'ombre; une sorte de chaos envahissait la science des roches, malgré les efforts et le talent incontestable des anciens pétrographes comme Cordier et Delesse.

L'introduction des études microscopiques est venue jeter la lumière dans cette partie de la science. Ainsi que nous l'avons indiqué au début de ce volume, les connaissances pétrographiques prenaient une extension inouïe, grâce aux travaux de MM. Sorby et Zirkel, puis Rosenbusch, Fouqué et Michel Lévy. Nous ne reviendrons pas sur la revue rapide que nous avons faite des services que le pétrographe peut tirer du microscope.

L'étude optique a permis de reconnaître par quel mécanisme les cristaux prennent naissance dans les roches.

Dans le plus grand nombre d'échantillons, presque tout est cristallisé; cependant

on remarque parfois, baignant les cristaux, une matière vitreuse, amorphe, n'agissant pas sur la lumière polarisée, et n'offrant pas de composition chimique fixe. L'examen attentif des roches montre que c'est vraisemblablement aux dépens d'un magma vitreux de cette nature que les éléments cristallins se sont développés.

Exceptionnellement on rencontre des roches entièrement vitreuses, nous citerons par exemple les rétinites, les pechsteins, les obsidiennes. Les silicates qui entrent dans leur composition n'ont pas eu le temps de cristalliser, ou tout au moins n'ont abouti qu'à la formation d'échantillons rudimentaires, caractérisés par leurs formes singulières, ce sont les *cristallites* et les *trichites;* leur production s'observe aussi dans les verres artificiels, les laitiers des hauts-fourneaux, comme l'a montré Vogelsang. Ces cristaux embryonnaires se sont en général formés dans une masse fluide et montrent par leurs traînées la direction d'écoulement de la roche; c'est ce qui constitue la structure *fluidale.*

Mais le plus souvent la cristallisation a pu se poursuivre, de telle sorte qu'il ne reste presque plus de matière vitreuse. Le magma s'est converti en un agrégat de petits cristaux enchevêtrés, bien plus parfaits que les précédents, puisqu'ils sont aisément spécifiables, mais encore microscopiques. C'est cette masse que l'on regardait autrefois comme une pâte compacte et indéchiffrable, mais que nous savons aujourd'hui composée d'une foule d'éléments enchevêtrés, souvent orientés fluidalement. Ces petits cristaux, auxquels nous donnons le nom de *microlithes*, sont tantôt raccourcis comme pour le quartz, l'augite, la néphéline, la magnétite, tantôt très allongés ou lamelleux comme pour les feldspaths. Telle est la structure *microlithique* qui est celle d'une grande partie des roches, autrefois qualifiées de cryptocristallines.

Les cristaux dont nous venons de parler témoignent par leur fluidalité, par l'imperfection de leurs formes et par leur exiguïté, qu'ils se sont formés au moment même de l'éruption de la roche. Mais il peut se faire que la cristallisation ait commencé avant l'épanchement; les individus qui ont ainsi pris naissance dans un fluide parfaitement tranquille acquièrent, comme on le voit, des dimensions plus grandes et des formes plus parfaites; puis, l'éruption ayant lieu, ils sont charriés, souvent refondus partiellement ou brisés mécaniquement. La masse des microlithes vient les cimenter. Nous appellerons ces individus des *grands cristaux;* lorsqu'ils sont suffisamment développés, il en résulte l'aspect *porphyroïde* des anciens auteurs.

Il en résulte donc qu'on peut considérer avec MM. Fouqué et Michel Lévy, dans l'évolution d'une roche, deux temps de consolidation; le premier, antérieur à l'éruption, amène la formation des grands cristaux au sein d'une masse encore vitreuse, laquelle, dans le même temps, contemporain de l'éruption et de la solidification de la roche, se transforme en un agrégat de microlithes.

Bien plus, il nous sera possible, à l'aide du microscope, de déterminer l'âge relatif des divers cristaux; de même qu'un géologue stratigraphe peut affirmer, en voyant des cailloux roulés d'une roche intercalée au sein d'une autre roche, que la seconde est postérieure à la première, de même, toutes les fois que nous rencontrerons un minéral moulé par les cristaux d'un second minéral, nous serons en droit de dire que le premier s'est consolidé antérieurement au second.

On peut donc dresser une liste chronologique des divers minéraux qui consti-

TABLEAU DE LA CLASSIFICATION DES ROCHES ÉRUPTIVES

Par MM. FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY

ÉLÉMENT BLANC ALCALINO-TERREUX de seconde consolidation	SILICE LIBRE		FELDSPATHS				NÉPHÉLINE ET LEUCITE			ROCHES DÉPOURVUES D'ÉLÉMENTS BLANCS	ÉLÉMENT ferro-magnésien prédominant
	AVEC ORTHOSE	AVEC PLAGIOCLASES	ORTHOSE, MICROCLINE, ALBITE Série orthique	OLIGOCLASE Série andésitique	LABRADOR Série labradorique	ANORTHITE Série anorthique	AVEC ORTHOSE	AVEC PLAGIOCLASES	SANS FELDSPATHS		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
STRUCTURE GRANITOÏDE. 1° Granitoïde proprement dite. 2° Pegmatoïde.	*Granite.* *Granulite.* *Microgranulile.* Grauulite récente. Mierogranulite récente.	*Kersantite quarlzifère.*	*Orlholithe.* Ortholithe récente.	*Kersanlile.*			*Miascite.*				MICA NOIR.
	Granite à amphibole. *Granulite à amphibole.* *Microgranulite à amphibole.* Granulite récente à amphibole. Micrograuulite récente à amphibole.	*Diorile quartzifère.* Dacite granitoïde.	*Syénite.* Syénite récente.	*Diorite andésitique.* Diorite andésitique récente.	*Diorite labradorique.* Diorite labradorique récente.		*Syénite éléolitique.* Syénite éléolitique récente.	*Teschénite à amphibole.*		*Serpentine à amphibole.*	AMPHIBOLE.
	Microgranulile à pyroxène. Microgranulite récente à pyroxène.	*Diabase quartzifère.* Dolérite quartzifère.		*Diabase andésitique.* Dolérite andésitique.	*Diabase labradorique.* Dolérite labradorique.	*Diabase anorlhique.* Dolérite anorthique.		*Teschénite à pyroxène.*		*Augitolithe*.*	PYROXÈNE.
	Microgranulite récente à diallage.	Euphotide quartzifère.		*Gabbro andésitique.* Euphotide andésitique.	*Gabbro labradorique.* Euphotide labradorique.	*Gabbro anorlhique.*					DIALLAGE.
					Norite labradorique. Hypérite labradorique.	*Norile anorthique.* Hypérite anorthique.				*Serpentine à bastite.* Serpentine récente à bastite.	HYPERSTHÈNE.
					Diabase, gabbro, norite labradorique à olivine. Dolérite, euphotide, hypérite labradorique à olivine.	*Diabase, gabbro, norite anorthique à olivine.* Dolérite, euphotide, hypérite anorthique à olivine.				*Péridotite*.* *Serpentine à olivine.* Lherzolithe*. Serpentine récente à olivine.	PÉRIDOT.
STRUCTURE OPHITIQUE.	Roches de même composition minéralogique que les diabases, dolérites, gabbros et euphotides de structure granitoïde, et, d'autre part, que les andésites, labradorites, basaltes, porphyrites et mélaphyres de structure trachytoïde ; on leur conserve le nom du groupe granitoïde ou trachytoïde auquel elles se rattachent par leur âge et leur composition minéralogique, en ajoutant l'épithète *ophitique*.										
STRUCTURE TRACHYTOÏDE. 1° Pétrosiliceuse. 2° Microlithique. 3° Vitreuse.	*Porphyre globulaire.* *Porphyre pétrosiliceux.* Porphyre récent globulaire. Rhyolithe.	Dacite à mica noir.	*Orthophyre à mica noir.* Trachyte à mica noir.	*Porphyrite andésitique à mica noir.* Andésite à mica uoir.							MICA NOIR.
		Dacite à amphibole.	*Orthophyre à amphibole.* Trachyte à amphibole.	*Porphyrite andésitique à amphibole.* Andésite à amphibole.	Labradorite à amphibole.		Phonolithe à amphibole.		Leucitite à amphibole.		AMPHIBOLE.
		Dacite à pyroxène.	Trachyte à pyroxène.	*Porphyrile andésitique à pyroxene*.* Andésite à pyroxène*.	*Porphyrite labradorique à pyroxène*.* Labradorite à pyroxène*.		Phonolithe à pyroxène. Leucitophyre.	Téphrite*. Leucotéphrite*.	Néphéliuite* Leucitite*	*Augitophyre*.* Augitite*.	PYROXÈNE.
			Trachyte à olivine.	*Mélaphyre andésitique*.* Basalte andésitique*.	*Mélaphyre labradorique*.* Basalte labradorique*.	*Mélaphyre anorthique*.* Basalte anorthique*.		Téphrite à olivine*. Leucotéphrite à olivine*.	Néphéliuite à olivine*. Leucitite à olivine*.	*Mélaphyrite*.* Limburgite*.	PÉRIDOT.

NOTA. — Les roches anté-tertiaires sont en caractères *italiques*.
Les roches tertiaires et post-tertiaires sont en caractères romains.
Les roches reproduites artificiellement sont marquées d'un astérisque.

Les roches vitreuses de la série acide ont reçu les noms de *rétinites* ou *pechsteins* et de perlites; celles de la série intermédiaire, ceux d'obsidiennes et de ponces; celles de la série basique, ceux de tachylites et d'hyalomélanes.
Les roches à grands sphérolithes feldspathiques ont reçu le nom de *pyromérides*, pour celles qui renferment un excès de silice, et de *variolites*, pour celles qui n'en renferment pas.

tuent une roche, et diviser cette liste en deux parties affectées à chacun des deux temps de consolidation.

Ajoutons que, lorsque l'éruption d'une roche est terminée, celle-ci ne reste pas toujours immuable dans sa composition. Les gaz et les vapeurs qui se dégagent au travers de ses fissures, les agents atmosphériques, la végétation, etc., concourent à l'altérer et y développer des minéraux *secondaires* qui peuvent être implantés sur les minéraux primitifs, ou bien encore formés à leur dépens et les épigénisant.

Ceci posé, quels sont les minéraux constitutifs des roches? Nous nous permettrons d'en rappeler brièvement au lecteur, le tableau, emprunté à l'ouvrage de MM. Fouqué et Michel Lévy[1].

I. Minéraux primordiaux.

1° *Éléments blancs (alcalino-terreux).*

	Essentiels.	Accessoires.
	Quartz.	Topaze.
	Micas blancs.	Émeraude.
Feldspaths.	Orthose.	Apatite.
	Microcline.	Sphène.
	Orthose sodique.	Cordiérite.
	Albite.	Wernérites.
	Andésine.	Mélilite.
	Oligoclase.	Haüyne et noséane.
	Labrador.	Pérowskite.
	Anorthite.	
	Néphéline.	
	Leucite.	

2° *Éléments colorés (ferro-magnésiens).*

Essentiels.	Accessoires.	
Micas noirs.	Tourmaline.	
Pyroxènes.	Grenats.	
Amphiboles.	Zircon.	
Hypersthène et enstatite.	Rutile.	
Péridot.	Spinelles	Spinelle.
		Chromite.
		Magnétite
	Oligiste.	
	Ilménite,	
	Pyrite. etc.	

1. *Minéralogie micrographique*, p. 149.

II. Minéraux secondaires.

Immédiats.	Médiats.
Calcédoine.	Andalousite.
Opale.	Disthène.
Tridymite.	Staurotide.
Épidote.	Corindon.
Talc.	Diamant.
Chlorite.	Graphite.
Bastite.	Wollastonite.
Serpentine.	Zéolites.
Pinite.	Calcite et aragonite.
Sodalite.	Gypse.
	Alunite, etc.

Mais ces divers composés ne se juxtaposent pas au hasard ; ils suivent dans leur association des lois dont la connaissance constitue la pétrographie et sur laquelle nous ne pouvons malheureusement dire que quelques mots.

Sous le rapport de la structure des roches cristallines, nous distinguerons d'abord deux grandes classes de roches, suivant la démarcation plus ou moins tranchée entre les deux stades de consolidation.

Lorsque ces deux périodes de cristallisation se sont effectuées dans des conditions très voisines et ont donné des cristaux à peu près de même allure, que la fluidalité n'est pas apparente, que les grands cristaux sont intacts, nous dirons que la structure est *granitoïde*.

Si au contraire les microlithes sont orientés fluidalement et tout à fait distincts des grands cristaux, lesquels sont plus ou moins charriés et altérés mécaniquement, nous aurons un type de structure *trachytoïde*.

La structure *pegmatoïde* n'est qu'un accident dans la série granitoïde : elle consiste en ce que certains éléments minéralogiques, au lieu de se distribuer en grains entremêlés au hasard, s'associent en formant une sorte de marqueterie régulière.

Enfin, nous distinguerons une structure intermédiaire entre les deux types granitoïde et trachytoïde : nous voulons parler de la structure *ophitique*. Celle-ci est caractérisée par ce fait que les microlithes de feldspaths sont plus allongés que dans les roches granitoïdes, et plus raccourcis que dans les roches trachytoïdes ; de plus, au lieu d'être, comme dans un certain nombre de ces dernières, entremêlés au hasard avec des microlithes d'augite, on voit ce minéral constituer de grandes plages moulant les microlithes feldspathiques.

Les roches granitoïdes n'offrent jamais de parties restées vitreuses.

Dans les roches trachytoïdes, la pâte microlithique est plus importante que les grands cristaux ; c'est d'après sa composition chimique qu'il y a lieu de dire si la roche est acide, neutre ou basique.

Les roches acides présentent de très intéressantes particularités de structure,

qui ont été découvertes par M. Michel Lévy[1]. Le *granite* offre des grains de quartz postérieurs au mica noir et au feldspath, à contours irréguliers moulant tous les autres éléments; les *granulites* se distinguent des granites en ce que le quartz prend des formes régulières, raccourcies et bipyramidées; il est presque toujours accompagné de mica blanc. La série des porphyres offre, en général, de grands cristaux de quartz bipyramidé; mais c'est surtout la pâte qui offre une gradation remarquable. Certains porphyres possèdent une pâte que le microscope résout entièrement en un agrégat de petits cristaux de quartz et d'orthose, sans matière vitreuse; ce sont les *microgranulites*. D'autres montrent seulement, dans une pâte vitreuse, des globules fibreux s'éteignant tout d'une pièce entre les nicols croisés comme le ferait un cristal unique de quartz; ce sont les *porphyres globulaires*. Enfin on peut ne rencontrer au milieu d'une pâte vitreuse et fluidale que des sphérolithes radiés offrant, entre les nicols croisés, l'apparence d'une croix noire; on se trouve alors dans le cas des *porphyres pétrosiliceux*.

Parfois le quartz et l'orthose s'associent dans ces roches en formant une mosaïque régulière. Le fait était depuis longtemps connu sur une grande échelle dans la *pegmatite*, variété de granulite. M. Michel Lévy a retrouvé cette structure à l'état microscopique bien développée dans certaines microgranulites auxquelles il a donné le nom de *micropegmatites*.

Une dégradation analogue s'observe dans la série moderne. Nous verrons tout à l'heure que malheureusement toutes ces roches si remarquables ont défié les efforts tentés en vue de leur reproduction.

Les autres lois fondamentales de la pétrographie sont exprimées par le tableau que nous donnons plus haut. On verra qu'il existe une corrélation entre la quantité de silice libre et la nature du minéral feldspathique (orthose, albite, oligoclase, labrador, leucite, anorthite, néphéline) qui l'accompagne et aussi avec celle des éléments colorés (mica noir, amphibole, pyroxène, diallage, hypersthène, péridot).

MM. Fouqué et Michel Lévy se sont attachés à classer rationnellement les roches éruptives en se servant autant que possible de noms anciens. Ils sont ainsi arrivés à donner un tableau à double entrée où la classification repose d'une part sur les éléments blancs de seconde consolidation (quartz et feldspaths), d'autre part sur les éléments ferrugineux dominants.

Le cadre restreint de notre ouvrage ne nous permet pas d'aborder un autre sujet non moins intéressant et dont le tableau ci-joint porte la trace. Nous voulons parler de l'âge des roches; nous nous bornerons seulement ici à mettre en lumière ce fait, que deux grandes séries d'éruptions ont eu lieu depuis l'origine des temps géologiques, qu'une longue période de repos les a séparées, et qu'une certaine analogie existe entre ces deux poussées, si différentes cependant à tant d'autres égards. Des roches presque identiques au point de vue pétrographique se retrouvent dans les deux séries ancienne et moderne; nous indiquerons sur le tableau les roches anciennes, par un caractère italique. Citons par exemple les *porphyrites* et les andésites, les *mélaphyres* et les basaltes.

C'est dans la période cambrienne qu'ont eu lieu les premiers épanchements, caractérisés par des types intermédiaires et surtout basiques (diorites, diabases),

1. *Ann. des Mines*, 1875, t. VIII, p. 337. — *C. R.*, t. LXXXI, 8 novembre 1875.

puis à l'âge silurien ont eu lieu de puissantes éruptions de granite proprement dit. La période dévonienne a été marquée par l'apparition de la granulite, laquelle a progressivement fait place à des formations porphyriques (orthophyres, porphyrites, microgranulites) à mesure que se constituaient les assises inférieures et moyennes des terrains carbonifères. D'abondantes émissions porphyriques plus fluides et moins cristallines (porphyres globulaires et pétrosiliceux) se font jour à la période houillère, et cet état de choses se poursuit jusque dans les époques permienne et triasique. Les types vitreux acides (pechsteins) prédominent et sont accompagnés de roches basiques (mélaphyres).

C'est alors que l'activité interne du globe se repose pendant une immense période. On ne connaît aucune roche éruptive d'âge jurassique; l'ère crétacée elle-même n'offre que des éruptions tardives, rares et assez douteuses.

Le réveil des forces éruptives du globe se manifeste avec l'ère tertiaire. A la fin de l'éocène apparaissent en quelques points des roches acides (granulite de l'île d'Elbe), en d'autres localités des roches basiques. Une série d'autres poussées très diverses (rhyolites, dacites, trachytes, andésites, labradorites, phonolithes, basaltes) se poursuit du miocène moyen à la fin du pliocène où se forment de gigantesques coulées basaltiques, comme en Auvergne. Enfin des éruptions diverses ont lieu pendant la période quaternaire et se poursuivent encore de nos jours. Nous insisterons tout à l'heure sur l'identification des déjections volcaniques modernes avec les produits de laboratoire.

Nous donnons donc le tableau de la classification des roches éruptives d'après MM. Fouqué et Michel Lévy[1], tel qu'il est adopté par le service de la carte géologique détaillée de la France (voir pages 200 et 201).

Les lecteurs qui seraient désireux de posséder des renseignements plus étendus sur la science des roches, pourront se reporter avec fruit, indépendamment de la *Minéralogie micrographique* de MM. Fouqué et Michel Lévy, soit à l'ouvrage de M. H. Rosenbusch[2], soit au *Traité de Géologie* de M. A. de Lapparent[3]. Ils trouveront dans ces deux derniers livres des classifications des roches différant par quelques points de celles que nous proposons. Il est, malgré cela, facile d'établir la concordance entre ces divers tableaux.

Il nous resterait à parler des météorites; ce sujet doit être traité dans l'*Encyclopédie* par une plume très autorisée, celle de M. Stanislas Meunier. Nous nous bornerons à rappeler que les minéraux constitutifs des météorites sont à peu près ceux des roches terrestres les plus basiques, anorthite, labrador, enstatite, hypersthène, magnétite, chromite; on remarque de plus une partie métallique d'importance variable, constituée par du fer plus ou moins nickélifère, de la troïlite, de la pyrrhotine, de la rhabdite, et autres sulfures ou phosphures.

Les météorites non feldspathiques sont des roches granitoïdes analogues aux péridotites ou aux lherzolites; celles qui renferment du feldspath sont des dolérites ou basaltes anorthiques; la structure ophitique y est fréquemment accusée. Les

1. *Minéralogie micrographique*, p.156-157.
2. H. Rosenbusch, *Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine*, Stuttgart, Schweizerbart, 1877. — *Ueber das Wesen der körnigen und porphyrischen Structur, bei Massengesteinen. Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, 1882, t. II, p. 1.
3. A. de Lapparent, *Traité de Géologie*, p. 529-606, Paris, Savy, 1883.

météorites sont donc très voisines des roches volcaniques de fusion purement ignée, comme nous l'établirons plus loin ; mais on y remarque le plus souvent un état bréchiforme particulier, qui atteste l'énergie des mouvements mécaniques que la roche a dû subir.

EXPÉRIENCES SUR LA REPRODUCTION DES ROCHES ÉRUPTIVES.

Nous nous proposons de passer en revue les principaux travaux expérimentaux accomplis jusqu'à ceux de MM. Fouqué et Michel Lévy. Nous verrons que ces recherches ont puissamment contribué à faire connaître le mode de genèse des roches basiques, mais qu'elles ont presque toujours échoué lorsque l'auteur avait en vue la reproduction des roches acides ou même intermédiaires.

Parmi les méthodes synthétiques employées, on verra que l'on s'est principalement adressé à celle de la fusion ignée sans fondant, qui paraît être *à priori* le procédé qu'aurait employé la nature. En effet, lorsqu'il s'agit d'une roche compacte, et qu'on veut expliquer sa consolidation par l'intervention d'un fondant ou d'un agent volatil, on éprouve quelques difficultés à concevoir comment s'est effectué le départ de cet agent, dont nous n'observons plus aucune trace.

Cependant un grand nombre d'espèces n'ont pu, jusqu'à présent, être obtenues que sous l'influence minéralisatrice d'agents liquides ou volatils ; ces espèces sont celles des filons concrétionnés, ou encore celles qui font partie intégrante des roches acides. Nous rappellerons brièvement les travaux effectués à l'égard de ces derniers minéraux.

James Hall[1] est le premier auteur qui se soit livré à des expériences sérieuses en vue de la reproduction des roches ; nous avons déjà, à l'article *Calcite*, raconté ses travaux relatifs à la cristallisation du calcaire. Il convient de placer ici la remarquable série de recherches qui lui permirent de montrer que les roches basiques, après vitrification, reprennent l'état cristallin par un recuit convenable et se régénèrent véritablement. Les travaux de Hall avaient pour but d'éclairer par la synthèse les hypothèses plutoniques de Hutton, son maître ; mais ce dernier pensait qu'on n'arriverait par la voie expérimentale qu'à la reconstitution des types vitreux. Hall, qui avait observé sur place diverses éruptions volcaniques, avait cru remarquer que les cristaux des laves n'étaient pas entièrement formés au début de l'éruption, mais se constituaient au cours de l'épanchement et de la solidification. Il se mit donc à l'œuvre et procéda dans des creusets de graphite à la fusion de roches basiques diverses, laves de l'Etna et du Vésuve, basaltes et whinstones (mélaphyres, diabases) d'Écosse, etc. La température du four où se conduisait l'opération était grossièrement estimée au moyen du pyromètre de Wedgwood.

J. Hall eut le mérite de reconnaître que, lorsque la fusion complète de la roche est obtenue, celle-ci se solidifie en masse vitreuse si le refroidissement est rapide, tandis qu'un recuit prolongé à une température voisine de la fusion, amène la production d'un agrégat cristallin moins fusible que le verre générateur, possédant une cas-

1. *Experiments on whinstone and lava*, 1798. — *Edinb. Roy. Soc Trans.*, 1805, t. V, p. 8 et 56.

sure analogue à celle de la roche dont on est parti. Il est très avantageux, pour arriver à ce résultat, de faire plusieurs fois osciller légèrement la température de part et d'autre du point de fusion.

Les whinstones fondent de 38 à 55° du pyromètre, leurs verres de 15 à 24°, et les masses cristallines qui en dérivent, de 31 à 45°. Le basalte exige une température plus élevée, de 60 à 100° pyrométriques; Hall a vu celui-ci se régénérer en une masse porphyroïde parsemée de géodes où il croit reconnaître des cristaux de feldspath et de hornblende.

MM. Fouqué et Michel Lévy[1] ont examiné au microscope quelques-uns des produits de J. Hall qui leur avaient été remis par M. Daubrée. On aperçoit seulement une cristallisation imparfaite; mais on peut déjà reconnaître la régénération des espèces suivantes à l'état cristallitique, développées au sein d'un magma vitreux abondant : péridot, labrador en fins microlithes souvent sphérolithiques, magnétite. Les échantillons examinés ne montraient ni feldspath en grands cristaux, ni hornblende, mais l'erreur de Hall s'explique aisément par l'imperfection des connaissances minéralogiques à cette époque. La texture cristalline est cependant déjà manifeste à l'œil nu.

Presque à la même époque, le célèbre Gregory Watt[2] commença sur une échelle beaucoup plus grande des expériences du même genre. Plusieurs centaines de kilogrammes de basalte étaient fondus dans un four à réverbère; au bout de six heures de chauffe, on couvrait la masse en complète fusion d'une épaisse couche de charbon qu'on laissait brûler lentement.

Watt a décrit avec soin les changements de texture que subit cette énorme masse vitreuse, soumise à un très lent refroidissement. Des traînées de sphérolithes se développent lentement, puis grossissent et atteignent un diamètre de 6 centimètres. Le reste de la pâte devient pierreux et grenu; enfin toute la masse paraît criblée de lamelles très minces dont les dimensions vont jusqu'à 1 mm. de longueur. La densité va en croissant (de 2,743 à 2,949); il en est de même du pouvoir magnétique.

Les produits de G. Watt n'ont pas été examinés au microscope; il est infiniment probable que les cristaux développés dans la masse se rapportent au péridot, à l'augite, peut-être à l'hypersthène et à l'enstatite.

Plusieurs géologues essayent vers cette époque d'étudier le mode de formation des roches volcaniques; ainsi Fleuriau de Bellevue[3] publie un mémoire « sur l'action du feu dans les volcans »; citons encore une note de de Drée[4] « sur un nouveau genre de liquéfaction ignée qui explique la formation des masses lithoïdes ». Dartigues[5] se livre à des expériences sur la dévitrification du verre.

Cette dernière question, si intéressante, tant en elle-même et par son importance industrielle que par son application à la genèse des roches, a inspiré diverses recherches; nous citerons celles de MM. Dumas, Pelouze[6], Péligot, Bontemps,

1. *C. R.*, 1881, t. XCII, p. 1040.
2. *Observations on basalt and on the transition from the vitreous to the strong texture, which occurs in the gradual refrigeration of the melted basalt, with some geological remarks* — *Phil. Trans.*, 1804, p. 279.
3. *J. de phys.*, 1804, t. LX, p. 409.
4. *J. des Mines*, 1808, t. XXIV, p. 33
5. *J. de ph.*, 1804, t. LIX, p. 13.
6. *C. R.*, 1855, t L, p. 1321.

Clémandot. L'étude chimique de la dévitrification du verre a été développée avec grand soin par M. Henrivaux[1], dans le cours même de cet ouvrage.

Nous ajouterons ici que Vogelsang[2] a appliqué l'analyse microscopique à l'examen des verres dévitrifiés, et qu'il a décrit avec soin les formes cristallines plus ou moins imparfaites qui s'y développent (globulites, trichites, cristallites, microlithes). Les espèces qui prennent naissance au sein des verres du commerce, sont à rapporter à des pyroxènes sodifères, calciques ou calcico-magnésiens; ce sont des microlithes fibreux souvent agrégés en sphérolithes, s'éteignant de travers; ces espèces se produisent dans des verres acides; parfois surtout si la composition du magma est plus basique, il se fait en outre des microlithes plus biréfringents à extinction longitudinale, très attaquables aux acides; c'est du bisilicate de chaux optiquement uniaxe. Enfin, si le verre est alumineux, on voit apparaître des microlithes d'anorthite.

On doit aussi diverses expériences sur la fusion des roches à Mitscherlich, G. Rose, Ch. Sainte-Claire Deville, Delesse, etc. Leurs recherches n'ont fourni qu'un petit nombre de résultats positifs; on se trouva surtout amené, à la suite des essais infructueux de Mitscherlich, de Hayes, de G. Rose, et d'après l'autorité des savants les plus compétents comme von Leonhard (1858), à regarder la reproduction des feldspaths par fusion et recuit comme absolument impossible.

Aussi, en 1866, lorsque paraît le travail capital de M. Daubrée, ce savant n'aborde la reproduction que des roches non feldspathiques (péridotites ou dunites, lherzolites) ou des météorites similaires. Par fusion des roches naturelles suivie d'un recuit convenable, il a vu la roche se régénérer et donner un produit ne présentant, par rapport au produit initial, que des différences de détails. Ainsi il obtient[3] des échantillons visibles à l'œil nu de péridot, de pyroxène et d'enstatite. Les détails de structure se trouvent bien imités, seulement le fer métallique est plus globuleux dans les produits artificiels que dans les météorites, et l'enstatite se présente dans les premiers à l'état de longues aiguilles au lieu d'affecter, comme dans les météorites, la forme de cristaux raccourcis et de petits grains. Ces différences peu importantes proviennent, sans nul doute, de ce que la formation de la roche s'est effectuée dans des conditions thermiques différentes. On peut encore remarquer que les météorites offrent très fréquemment une structure bréchiforme, due vraisemblablement aux actions mécaniques violentes qu'elles ont subies, ou à une agglutination postérieure de fragments hétérogènes; on comprend que cet état particulier ne se retrouve pas dans les produits artificiels. Il est donc permis de dire aujourd'hui que les expériences de M. Daubrée laissent présumer le mode de formation des météorites non feldspathiques et des roches similaires.

Mais à l'époque où ces expériences ont été publiées, on hésitait à rapporter à la voie purement ignée la condition de formation des roches basiques, même de celles que les volcans rejettent encore sous nos yeux; les géologues et pétrographes les plus compétents, particulièrement Delesse[4], affirment hautement que des types tels que

1. *Encyclopédie chimique*, t. V, 5e fascicule, p. 60.
2. *Pogg. Ann.*, 1864, t. CXXI, p. 101. — *Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1864, p. 494. — *Sur les cristallites, Arch. Néerl.*, 1870, t. V; 1871, t. VI, et 1872, t. VII. — *Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteins studien*, Bonn, 1867.
3. *Études synthétiques de géologie expérimentale*, p. 518.
4. *Bull. Soc. Géol.*, 1857-58, t. XV, p. 728, 757, 769.

le basalte, doivent leur origine à une action hydro-thermique; en d'autres termes, on pourrait saisir tous les passages entre les laves proprement dites et les laves boueuses.

M. Daubrée[1], invoquant le résultat de ses expériences relatives à l'action de l'eau surchauffée sur les silicates, se trouvait naturellement amené à expliquer par la voie semi-aqueuse, la genèse de presque toutes les roches.

Plus récemment encore, un savant pétrographe anglais, M. Sorby[2], était conduit à formuler des conclusions analogues. Il avait étudié les formes que prennent divers oxydes métalliques lorsqu'on les fond au chalumeau avec du borax, et constaté que ces oxydes prennent toujours des formes cristallitiques très arborisées, bien différentes des contours nets et bien arrêtés des cristaux des roches. Il avançait que l'influence de la masse ou le refroidissement trop rapide, le recuit trop peu prolongé, ne suffisent pas pour expliquer ces différences; il croyait que l'action de la vapeur d'eau devait forcément être invoquée comme ayant pris une part capitale à toutes les éruptions rocheuses.

Nous verrons plus loin, par les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy, que l'expérience a démontré qu'un certain nombre de roches volcaniques peuvent être synthétiquement reproduites avec tous leurs détails de structure intime, par voie de fusion ignée, sans intervention d'aucune substance volatile. Avant de résumer ces recherches d'un intérêt capital, nous dirons quelques mots des essais de reproduction des éléments des roches avec l'aide de dissolvants chimiques appropriés ou de matières volatiles.

M. Stanislas Meunier[3] s'est efforcé de reproduire ce qui a dû se passer lors de la consolidation des masses planétaires, alors qu'un mélange d'éléments divers gazéifiés et complètement dissociés par une très haute température, a vu son état thermique s'abaisser assez pour permettre la combinaison partielle des éléments, et la précipitation d'une sorte de neige formée de minéraux cristallisés et donnant lieu à la production d'une photosphère. C'est par un mécanisme de ce genre, d'après lui, que sont constituées les couches les plus profondes de l'écorce terrestre, assises situées au-dessous des gneiss et possédant une composition très basique (péridotites). Les météorites devraient leur origine à une réaction de ce genre. Aussi M. Stanislas Meunier s'est-il préoccupé d'imiter cette brusque réaction mutuelle de vapeurs diverses. On ne peut malheureusement pousser assez loin la température, pour avoir des éléments entièrement dissociés; il a cependant fait réagir des vapeurs de chlorure de silicium ou d'aluminium sur du magnésium ou de l'aluminium métallique, additionnés ou non d'alcalis. Diverses espèces cristallines, corindon, périclase, pyroxène magnésien, péridot, leucite, etc., ont pris ainsi naissance, mais la réaction est si brusque que la perfection des formes laisse beaucoup à désirer. De plus, les cristaux sont incohérents et non intimement agrégés comme dans les météorites.

M. Stanislas Meunier a imité avec succès la production des fers natifs terrestres ou météoriques en réduisant au rouge par l'hydrogène du chlorure ferreux additionné ou non de chlorure de nickel.

1. *Rapport sur les progrès de la géologie expérimentale*, 1867, p. 63 et 84.
2. *British Association*, 1880. — *Geological Magazine*, 1880, p. 468.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 349, 701 et 1009.

L'emploi de fondants chimiques dans les expériences de voie sèche a permis, notamment entre les mains de M. Hautefeuille, de reproduire un grand nombre de minéraux des roches, mais il semble bien difficile d'admettre que la nature ait pu opérer ainsi, car les roches ne nous montrent aucune trace du passage d'agents de cette nature. Nous en dirons autant des substances volatiles minéralisatrices, particulièrement des composés fluorés. Ils ont cependant permis de reconstituer un certain nombre de minéraux des filons stannifères amenés au jour par l'éruption de la granulite.

L'examen des roches acides et notamment la considération des inclusions de liquides volatils que renferme le quartz de ces roches (Sorby), permet de penser que l'eau sous pression a joué un grand rôle dans leur consolidation. Aussi les expériences faites dans des conditions analogues ont-elles permis d'obtenir plusieurs des espèces qui les composent. Nous avons parlé des beaux travaux de MM. Friedel et Sarasin, qui se sont ainsi procuré l'orthose, l'albite, le quartz. Mais ces auteurs n'ont ainsi reproduit que des cristaux isolés et non agrégés en roche. De plus, on peut remarquer que l'orthose, ainsi préparé, forme toujours des lamelles très petites et dénuées de la macle de Carlsbad, tandis que l'albite s'obtient bien plus aisément et en cristaux bien plus gros; or, dans les roches naturelles, l'orthose est infiniment plus abondant que l'albite. De même pour le quartz, les expériences de MM. Friedel et Sarasin ont presque toujours donné ce produit sous la forme prismée des filons; ce n'est qu'accidentellement qu'ils ont vu se faire des cristaux bipyramidés raccourcis analogues à ceux des roches acides.

Avant ces expérimentateurs, certains essais avaient été faits dans cette voie; ainsi, par l'action de l'eau surchauffée sur des matières silicatées, M. Daubrée[1] avait vu se former des enduits calcédonieux, du quartz prismé, du diopside et de la wollastonite; mais ce résultat exigeait pour être atteint que l'on partît de produits basiques. Citons encore les essais infructueux de Vogelsang[2] qui, ayant chauffé des schistes argileux avec une solution de bicarbonate de soude sous pression, n'a vu se produire aucun produit cristallin.

Les données les plus précises, relatives à la génération des roches, sont celles qui résultent des importants travaux de MM. Fouqué et Michel Lévy, que nous allons brièvement résumer.

EXPÉRIENCES DE MM. FOUQUÉ ET MICHEL LÉVY.

MM. Fouqué et Michel Lévy[3] ont commencé en 1878 une longue série d'expériences de fusion ignée sans fondant ayant pour but la reproduction des roches éruptives; ils sont ainsi parvenus à un succès complet en ce qui concerne la plupart des roches basiques, particulièrement de la structure trachytoïde, et ils ont imité ainsi les moindres détails de leur texture. Ces types ont pris naissance dans le laboratoire par un simple recuit consécutif à la fusion, sans qu'on fît intervenir aucun agent chimique fusible ou volatil.

1. *Études synthétiques de Géologie expérimentale*, p. 158.
2. *Philosophie der Geologie*, Bonn, 1867.
3. *Synthèse des minéraux et des roches*, p. 45-80.

Ces faits ont été constatés par l'observation microscopique sur des lames minces taillées dans des culots obtenus par fusion; on peut citer à l'appui des résultats annoncés par les auteurs, les témoignages formels de pétrographes dont personne ne récusera la compétence, tels que MM. les professeurs F. Zirkel et H. Rosenbusch.

Les auteurs de ces expériences sont partis de cette donnée préliminaire de l'observation, qu'une partie des éléments des roches volcaniques (microlithes) se forme pendant et après l'épanchement; or il est facile, avec les moyens de chauffage dont disposent les laboratoires, d'atteindre la température des laves.

Les opérations de fusion s'effectuaient dans un four de Forquignon et Leclerc chauffé par un chalumeau Schlœsing qu'alimentait une trompe Damoiseau. Nous avons fait représenter, dans une planche placée à la fin du volume, ces appareils construits par la maison Wiesnegg. On pouvait ainsi aisément porter un petit creuset au rouge blanc en quelques minutes et maintenir la température sensiblement constante au degré voulu pendant un temps illimité.

Afin d'éviter l'introduction d'éléments étrangers, la fusion était conduite dans un creuset de platine muni de son couvercle, ayant une capacité de 20 centimètres cubes environ. Suivant le réglage des orifices d'admission du gaz et de l'air, et suivant l'agencement relatif des diverses parties du fourneau, on pouvait obtenir des températures variant du rouge au blanc éblouissant.

1° Ainsi, si l'on se sert de l'orifice maximum de la tuyère, le creuset reposant au centre du fourneau sur son support de platine, et le tout étant recouvert du dôme, on atteint en quelques minutes la température du blanc éblouissant, suffisante pour fondre la leucite, l'anorthite, le péridot, et même le platine.

2° En découvrant le fourneau et se servant seulement de la tuyère moyenne, le creuset restant dans la position centrale, on atteint le rouge orangé suffisant pour la fusion du fer, de l'acier et des feldspaths, sauf l'anorthite.

3° Si l'on place le creuset sur un triangle en fil de platine appuyé sur le bord du manchon du fourneau de telle sorte qu'il soit enfoncé jusqu'à mi-hauteur dans celui-ci, on a une température rouge cerise capable de fondre le cuivre, l'augite, la néphéline, etc.

4° En resserrant un peu le triangle, on fait sortir complètement le creuset du fourneau et il est facile, dans ces circonstances, de le porter à une température rouge pouvant encore liquéfier le cuivre.

Les orifices d'admission de l'air et du gaz permettent d'ailleurs d'obtenir le degré intermédiaire de température que l'on veut.

Les substances soumises à la fusion étaient soit des produits chimiques purs (oxydes ou carbonates anhydres), soit des minéraux typiques de roches choisis parmi les échantillons offrant les plus grandes garanties de pureté. Tantôt on employait les minéraux, tantôt les produits chimiques, mais dans leurs expériences répétées les auteurs se sont servis, au moins une fois pour chaque série, des substances artificielles, afin de réaliser une synthèse totale. Ces dernières sont intimement mélangées; elles constituent une masse légère et très volumineuse que l'on fond par petites portions avec ménagement, afin d'éviter les boursouflements. D'ailleurs les résultats sont identiques, à composition chimique égale, quelles que soient les substances d'où l'on est parti.

La fusion des éléments dans tous les cas, en opérant au rouge blanc, fournit un

verre parfaitement isotrope, parfois un peu bulleux, plus ou moins coloré en brun, lequel, brusquement refroidi, conserve parfaitement son état vitreux.

Ceci posé, le procédé général employé repose sur le même principe que J. Hall avait déjà appliqué ; les substances silicatées cristallisées sont constamment un peu moins fusibles que les verres provenant de leur fusion ; aussi suffit-il de maintenir pendant quelque temps la masse vitreuse à une température légèrement supérieure à celle de sa fusion, pour y voir se développer des éléments cristallins.

Mais les divers silicates qui peuvent se former aux dépens d'un même magma vitreux ne possèdent pas la même fusibilité ; il en résulte que, si l'on soumet un verre à une série de températures décroissantes, mais supérieures à celle de sa fusion, les divers minéraux qui peuvent se former prendront naissance les uns après les autres, les moins fusibles cristallisant aux températures les plus élevées. Ces derniers seront donc moulés par les éléments consolidés postérieurement.

Or l'examen microscopique des roches montre, ainsi que nous l'avons vu, que les éléments de celles-ci se sont consolidés successivement ; il est naturel de penser que ce sont les moins fusibles qui sont les plus anciens. Les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy ont pleinement répondu à cette assimilation, au moins en ce qui concerne les roches basiques.

Quels sont, dans celles-ci, les éléments caractéristiques les plus anciens ? Ce sont le péridot et la leucite, c'est-à-dire précisément les moins fusibles. Parfois aussi on trouve de grands cristaux d'anorthite, espèce aussi peu fusible que les précédentes. D'autres fois au milieu d'une pâte andésitique (microlithes d'oligoclase) se détachent des cristaux plus anciens de labrador, lequel est moins fusible que l'oligoclase. On peut encore citer l'exemple des roches ophitiques où le pyroxène plus fusible moule à l'état de grandes plages les microlithes de feldspath plus réfractaires.

Ainsi donc, dans les roches volcaniques comme dans les produits artificiels, les substances les moins fusibles se déposent les premières et se trouvent englobées par les autres éléments. Comment donc se fait-il qu'on observe fréquemment des inclusions de pyroxène, corps très fusible, dans la leucite, minéral qui l'est beaucoup moins ? Il est aisé de répondre à cette objection. L'observation attentive montre que dans ce cas le pyroxène s'est développé aux dépens d'inclusions vitreuses, lesquelles se sont comportées, sous l'influence du recuit, de la même façon que le magma extérieur.

La règle que nous venons de poser est encore susceptible de quelques exceptions ; il est aisé d'expliquer ces anomalies apparentes. Ainsi nous voyons certains minéraux se former à des époques bien diverses de la consolidation. Il faut ici faire entrer en ligne de compte l'affinité et se représenter le magma vitreux comme un liquide complexe susceptible de donner naissance à divers composés, lesquels peuvent se transformer les uns dans les autres en obéissant aux lois de la dissociation. Ainsi diverses espèces montrent une stabilité remarquable comme le pyroxène, la mélilite, la magnétite. Cette dernière surtout se forme à la fois en gros cristaux de première consolidation inclus dans l'olivine ou la leucite, et en granules intercalés entre les microlithes feldspathiques et augitiques ; il en est de même d'un autre spinelle, la picotite. Cette production facile d'un même minéral à des températures

et à des époques très diverses s'explique, comme nous avons vu, par une réaction chimique entre les éléments en présence.

En somme, on obtient par un recuit avec le dispositif nº 2 (v. p. 211), la leucite, l'olivine, la magnétite, la picotite, la pérowskite ; avec le dispositif nº 3, la magnétite, la picotite, l'oligiste, le labrador, l'oligoclase, l'augite, l'enstatite, l'hypersthène ; avec le dispositif nº 4, ces trois derniers bisilicates ainsi que la néphéline, la mélilite, le grenat mélanite.

Après ces divers recuits, les culots sont entièrement transformés ; ils ne sont plus transparents et lisses, mais ils ont pris une cassure inégale, un aspect rugueux et contracté une forte adhérence aux parois du creuset ; la dureté, la ténacité et la densité ont augmenté ; parfois, dans les soufflures s'observent des géodes formées de divers éléments déterminables cristallographiquement. La couleur est plus ou moins foncée suivant la composition.

Il s'agit de spécifier tous les minéraux que renferment ces culots compacts, afin d'établir l'assimilation avec les roches naturelles. Le plus puissant de tous les moyens d'étude est l'examen microscopique des lames minces : nous en avons déjà parlé brièvement au début de ce livre (voy. p. 15).

Afin de bien fixer les idées du lecteur, et de lui montrer l'application de tous ces divers procédés d'investigation, nous allons, à l'exemple de MM. Fouqué et Michel Lévy, passer en revue les caractères micrographiques des principaux minéraux des roches reproduites artificiellement.

Feldspaths tricliniques ou plagioclases. — Incolores, lisses, dépourvus de relief. Allongement très marqué des microlithes suivant l'arête pg^1. Polarisation gris-bleu pâle, un peu plus vive pour l'anorthite que pour les autres espèces.

Les extinctions sont longitudinales pour l'oligoclase, elles atteignent 30° pour le labrador et 45° pour l'anorthite. Nous avons vu au chapitre des *feldspaths* (v. p. 127-130) que la fusion ignée ne donne que trois sortes de microlithes (oligoclase, labrador, anorthite) et jamais les termes intermédiaires qui pourraient se déduire de la loi de Tschermak ; de plus l'albite ne s'obtient pas dans ces conditions.

Macles fréquentes suivant la loi de l'albite ; on trouve aussi celles du péricline et de Baveno.

L'emploi d'une lame de quartz à teinte sensible montre que les microlithes d'oligoclase et de labrador offrent un caractère négatif suivant l'allongement ; ceux d'anorthite sont les uns positifs, les autres négatifs.

L'acide chlorhydrique n'exerce aucune action sur l'oligoclase, il attaque très difficilement le labrador, et très facilement l'anorthite, qu'il transforme en silice gélatineuse.

Néphéline. — Incolore, lisse, dépourvue de relief. Sections hexagonales ou rectangulaires raccourcies.

Polarisation plus faible que pour les feldspaths ; extinction longitudinale pour les sections rectangulaires. Double réfraction très faible uniaxe négative.

Très attaquable aux acides avec production de silice gélatineuse.

Leucite ou amphigène. — Incolore, lisse, dépourvue de relief. Cristaux pseudo-cubiques, presque sphéroïdaux, formés des faces a^2 et a_2.

Teintes de polarisation excessivement faibles ; on distingue cependant de nombreuses lamelles hémitropes suivant b^1, visibles surtout par interposition d'une lame de quartz sensible.

Attaquable par l'acide chlorhydrique.

Pyroxène (augite). — Brunâtre ou jaune verdâtre, rugosité faible, relief assez marqué. Allongement suivant *m ;* clivages bien marqués suivant *m*, souvent interrompus.

Polarisation vive ; maximum d'extinction à 30° dans la zone *mm*. Dichroïsme nul. Plan des axes optiques parallèle à l'allongement.

Inattaquable à l'acide chlorhydrique.

Enstatite. — Jaune clair, rugosité faible, relief assez marqué. Allongement suivant *mm*, sections rectangulaires, cassures transversales et clivages longitudinaux m, g^1 : ce dernier donne aux cristaux une apparence cannelée.

Polarisation et axes optiques comme dans le pyroxène, mais extinctions longitudinales.

Inattaquable aux acides.

Hypersthène. — Mêmes caractères que pour l'enstatite, mais couleur brun rouge et dichroïsme prononcé.

Péridot (olivine). — Incolore, rugueux, relief très sensible. Prisme rectangle pg^1h^1 avec biseaux g^5a^1, formant un pointement aigu. Clivages rectangulaires g^1h^1, plus marqués que dans le péridot naturel.

Plan des axes optiques longitudinal, parallèle à h^1, contrairement à ce qui a lieu pour l'augite.

Très attaquable aux acides avec formation de silice gélatineuse.

Mélilite. — Jaunâtre ou brune; rugosité et relief peu marqués; sections rectangulaires ou carrées ; clivage basique irrégulier et fines stries perpendiculaires.

Très facilement attaquable aux acides avec formation de silice gélatineuse.

Grenat mélanite. — Brunâtre, rugueux, relief prononcé. Dodécaèdres rhomboïdaux, isotropes.

Inattaquable aux acides.

Pléonaste ou picotite. — Brunâtre, rugueux, relief très prononcé. Petits octaèdres ou granules isotropes.

Inattaquable aux acides.

Magnétite ou fer oxydulé. — Noir, opaque avec éclat bleuâtre. Octaèdres souvent groupés en dendrites, souvent granules irréguliers.

Très attaquable à l'acide chlorhydrique, sans résidu.

Oligiste. — Rouge vif sans dichroïsme. Lamelles hexagonales avec double réfraction uniaxe négative.

Très attaquable à l'acide chlorhydrique, sans résidu.

Pérowskite. — Jaune de miel, rugueux, relief très prononcé.

Formes pseudo-cubiques simulant l'octaèdre régulier, souvent groupées en dendrites; parfois granules irréguliers. Action sur la lumière polarisée tantôt nulle, tantôt sensible, avec lamelles hémitropes.

Difficilement attaquable aux acides.

Nous allons maintenant passer en revue les diverses roches reproduites par MM. Fouqué et Michel Lévy; nous nous servirons des dénominations employées dans le tableau général (v. p. 200-201) ; presque toutes sont des roches trachytoïdes.

Andésites augitiques et porphyrites andésitiques augitiques[1]. — On obtient aisément la pâte microlithique de ces roches bien cristallisée et avec sa structure normale, par fusion avec le dispositif n° 3 pendant trois jours d'un mélange de trois parties d'oligoclase pour une partie d'augite.

Il se fait un agrégat de microlithes d'oligoclase maclés suivant la loi de l'albite, disposés sans ordre, ou parfois en faisceaux parallèles ou sphérolithes; leurs dimensions moyennes sont de $0^{mm},25$ sur $0^{mm},015$.

A ce feldspath se trouve associée de l'augite en petits microlithes moyennement allongés, d'un jaune pâle, d'environ $0^{mm},06$ sur $0^{mm},02$.

On trouve aussi quelques octaèdres de magnétite formés aux dépens du pyroxène employé. Parfois aussi, il se fait une petite quantité de microlithes de labrador; l'augite se concentre d'une manière remarquable autour de ces cristaux.

La même roche s'obtient par fusion d'un mélange de dix parties d'oligoclase et d'une partie de hornblende; ce dernier minéral se transforme intégralement en augite, par voie de dimorphisme.

Labradorites et porphyrites labradoriques[2]. — La pâte microlithique de ces roches s'obtient avec la structure normale par fusion, dans les mêmes circonstances que plus haut, d'un mélange de trois parties de labrador avec une partie d'augite.

Les microlithes de labrador sont disposés comme ceux d'oligoclase dans l'andésite ; leurs dimensions sont de $0^{mm},25$ sur $0^{mm},025$; ils sont moins déliés que ceux d'oligoclase, la macle de l'albite y est plus fréquente que dans l'oligoclase.

Les microlithes d'augite sont jaune brunâtre, plus raccourcis que dans l'andésite artificielle ; leurs dimensions moyennes sont $0^{mm},05$ sur $0^{mm},025$.

On remarque de nombreux octaèdres de magnétite, de $0^{mm},01$.

On obtient une roche semblable[3] par fusion et recuit de la roche à wernérite et amphibole d'Odegaarden, près Bamle (Norwège); quelques lamelles brunes de mélilite apparaissent dans le produit artificiel.

1. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 700.
2. *C. R.*, 1881, t. XCII, p. 890. — *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 111.
3. *Bull. Soc. Min.*, 1879, t. II, p. 112.

Anorthitite augitique. — On obtient de même, par fusion à une température un peu plus élevée, en partant d'éléments convenables, un agrégat microlithique d'anorthite et d'augite. C'est, on le voit, un basalte anorthique sans péridot.

Basaltes et mélaphyres labradoriques[1]. — Pour réussir la préparation de ces roches, caractérisées par la présence du péridot en cristaux de première consolidation, il est indispensable de fractionner l'opération en deux temps bien marqués.

On part du verre noir homogène provenant de la fusion des éléments d'un basalte très riche en péridot (trois parties d'olivine, une d'augite, trois de labrador). Pendant 48 heures, on maintient ce verre au rouge blanc, avec le dispositif n° 2. C'est là le premier temps de l'opération, lequel permet la cristallisation du péridot, élément très peu fusible.

Si, en effet, on examine une section mince du culot après ce recuit à haute température, on remarque de nombreux cristaux de péridot développés au sein du magma vitreux. Leur allongement a lieu suivant pg^1, avec facettes g^3, a^1 et h^1 ; les clivages rectangulaires h^1 et g^1 sont très marqués. Les dimensions sont en moyenne de $0^{mm},5$ sur $0^{mm},2$. La lumière polarisée montre des teintes vives, des extinctions longitudinales, avec axes optiques s'ouvrant transversalement. L'ensemble de tous les caractères se rapporte bien au péridot.

En même temps que celui-ci se forment de rares cristaux de pyroxène, ainsi que de petits octaèdres de magnétite et de picotite de $0^{mm},02$ environ.

Occupons-nous maintenant de la seconde phase de l'opération : le culot est soumis pendant quarante-huit heures, à la température du rouge cerise, suivant le dispositif n° 4. Ce deuxième recuit amène la formation d'une pâte microlithique identique à celles des labradorites augitiques. On observe de nombreux microlithes de labrador ($0^{mm},15$ sur $0^{mm},05$), allongés suivant pg^1, des microlithes raccourcis d'augite ($0^{mm},05$ sur $0^{mm},025$), des granules de fer oxydulé et de picotite ($0^{mm},005$), et en outre un peu de substance vitreuse.

Il y a lieu de remarquer que le fer oxydulé s'est produit aux deux temps de consolidation ; de plus le péridot présente des formes naissantes très curieuses (cristaux creux, ou encore grandes plages formées de l'agglomération de petits individus possédant la même orientation).

L'expérience que nous venons de rapporter présente un intérêt tout particulier en ce sens qu'elle donne l'explication du mode de formation des basaltes ; il y a identité parfaite de composition et de structure entre les culots préparés comme nous l'avons dit et les meilleurs types de basaltes naturels, par exemple ceux d'Auvergne. L'expérience n'a cependant porté que sur quelques grammes de substance ; le produit obtenu est, il est vrai, parfaitement anhydre, mais on sait par l'examen microscopique que la petite quantité d'eau renfermée dans les basaltes naturels provient d'altérations secondaires. Il n'y a donc plus aucune raison de douter de l'origine purement ignée des roches basaltiques.

1. *C. R.*, 1881, t. XCIII, p. 367. — *Bull. Soc. Géol.*, 1877, t. VI, p. 156. — *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV, p. 275.

Néphélinites[1]. — On obtient aisément un agrégat intime de microlithes de néphéline et d'augite par fusion et recuit suivant le dispositif n° 4 de deux parties de néphéline et d'une partie d'augite.

La néphéline a cristallisé la première en petits prismes hexagonaux raccourcis ($0^{mm},02$) ; elle est moulée par de petits prismes d'augite ($0^{mm},01$ sur $0^{mm},004$). Ceux-ci sont jaune verdâtre et allongés à la façon de l'augite des phonolithes ; quelques échantillons de plus grande taille s'aperçoivent en divers points.

Il est à remarquer que, si la dose d'augite diminue au delà d'une certaine limite, ce minéral cesse de se produire ; il est détruit par l'excès de néphéline. Ainsi, en partant d'un mélange de 10 parties de néphéline avec 1 partie d'augite, on obtient de beaux prismes de néphéline avec petits octaèdres de spinelles et dodécaèdres de grenat mélanite.

Leucitites[2]. — On part d'un mélange de 9 parties de leucite pour 1 partie d'augite ; après fusion, ce mélange est recuit trois jours avec le dispositif n° 2. Il se transforme alors en un agrégat de cristaux sphéroïdaux de leucite, qu'entourent de l'augite et de la magnétite. Pour avoir de beaux échantillons d'augite, il convient, comme dans le cas du basalte, d'opérer un deuxième recuit avec le dispositif n° 4.

Les cristaux de leucite ont environ $0^{mm},06$ de diamètre ; on y reconnaît aisément avec la lame de quartz les bandes hémitropes caractéristiques. Le pyroxène forme des microlithes verdâtres très allongés comme dans les roches naturelles à leucite ou néphéline ; ses dimensions sont $0^{mm},025$ sur $0^{mm},003$. Quant à la magnétite, ses grains ne dépassent pas $0^{mm},005$.

Leucotéphrites[3]. — Les auteurs ont opéré sur un mélange chimique représentant 8 parties de leucite, 4 de labrador et une d'augite. Un premier recuit consécutif à la fusion, effectué avec le dispositif n° 2, pendant 48 heures, amène la formation de leucite en grands et petits trapézoèdres $a^1\ a_2\ b^1$ ($0^{mm},35$ en moyenne) accompagnés de magnétite et de picotite en petits octaèdres ($0^{mm},01$).

On recuit alors le culot pendant 48 heures au rouge cerise avec le dispositif n° 4, de manière à permettre la cristallisation du feldspath. Il se constitue alors des microlithes de labrador ($0^{m},05$ sur $0^{m},02$), d'augite ($0^{m},025$ sur $0^{m},005$) et de fer oxydulé ($0^{m},003$).

Les microlithes augitiques sont verdâtres et allongés ; ils se développent avec une extrême rapidité. La leucite offre souvent des inclusions disposées en couronne à la manière de la leucite naturelle : celles-ci sont constituées par de la matière vitreuse ou par du pyroxène.

Péridotites et lherzolithes. — Les auteurs ont répété les expériences de M. Daubrée et obtenu aisément par recuit les éléments des roches en question : péridot, enstatite, pyroxène, picotite. Un refroidissement brusque donne lieu à la

1. *C. R.*, 1878, t. LXXXVI, p. 961. — *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. II p. 107
2. *C. R.*, 1878, t. LXXXVI, p. 961. — *Bull. Soc. Min.*, t. II, p. 109.
3. *C. R.*, 1880, t. XC, p. 698. — *Bull. Soc. Min.*, 1880, t. III, p. 118.

formation de longues aiguilles d'enstatite ; mais par recuit prolongé ce minéral affecte des formes raccourcies.

Il est à remarquer que l'on n'est pas encore parvenu à obtenir la picotite en grandes plages, comme dans les produits naturels; ce spinelle ne forme dans les culots artificiels que de petits octaèdres groupés à la façon de la magnétite. D'autre part, les inclusions vitreuses jouent un rôle plus grand dans les lherzolithes artificielles que dans celles de la nature.

Météorites non feldspathiques.— MM. Fouqué et Michel Lévy se sont appliqués à reproduire les météorites non feldspathiques caractérisées par la présence du péridot, de l'enstatite, du pyroxène magnésien et du fer natif. Ils ont obtenu deux types principaux, celui de Rittersgrün et celui de Soko-Banya près Alexinac (Serbie); le premier est très riche en pyroxène magnésien, tandis que le second en est presque dépourvu.

Le caractère original de ces roches extra-terrestres consiste dans la présence de ce pyroxène magnésien MgO,SiO^2, dimorphe de l'enstatite et qu'Ebelmen avait déjà obtenu parmi ses produits artificiels (voy. p. 115). On reconnaît ce bisilicate de magnésie clinorhombique à ses nombreuses lamelles maclées suivant h^1 avec extinction symétrique à 28° de cette face, lorsque le cristal est couché suivant le plan de symétrie g^1. L'enstatite, au contraire, minéral orthorhombique, ne présente jamais de macles apparentes, ni d'extinctions obliques.

Le type de Soko-Banya se reproduit par fusion et recuit pendant 3 jours avec le dispositif n° 3, d'un mélange de 12 grammes de silice, 3 grammes de magnésie et $5^{gr},55$ d'oxyde ferrique. On recueille ainsi un agrégat à structure granitoïde, formé principalement d'enstatite ($0^{mm},3$ sur $0^{mm},105$) et d'olivine ($0^{mm},12$) ; du pyroxène magnésien se remarque aussi, mais en faible quantité, ainsi que des grains de magnétite produits à diverses époques de la consolidation de la roche.

Il est à noter que le grain de cette roche artificielle est très variable, ce qui la rapproche tout à fait des météorites naturelles similaires; on observe en certains points la structure chondritique caractérisée par l'existence de petits cristaux globuleux d'enstatite. Les inclusions vitreuses sont aussi abondantes que dans les types de la nature.

L'identité serait complète si la structure bréchiforme était plus marquée d'une part, et, d'autre part, si la magnétite était remplacée par des amas irréguliers de fer métallique. Il est facile d'atteindre ce dernier résultat en recuisant pendant quelques heures au rouge sombre le culot dans l'hydrogène ou le gaz de l'éclairage.

MM. Fouqué et Michel Lévy ont encore obtenu synthétiquement une association identique à la météorite de Rittersgrün, par fusion d'un mélange de 6 grammes de silice, 3 grammes de magnésie et $1^{gr},8$ d'oxyde ferreux, introduit à l'état de sulfate double ammoniacal. Il se fait ainsi un agrégat granitoïde de péridot ($0^{mm},05$), d'enstatite ($0^{mm},2$ sur $0^{mm},125$), de pyroxène magnésien ($0^{mm},3$ sur $0^{m},1$) très finement maclé, et de magnétite en groupes irréguliers (de $0^{mm},005$ à $0^{mm},1$).

L'enstatite et le pyroxène magnésien s'accompagnent constamment en proportion relative très variable; le second de ces minéraux moule les autres éléments.

1. *Bull. Soc. Min.*, 1881, t. IV. p. 279

Météorites feldspathiques. — Ces roches sont caractérisées par la présence du feldspath anorthite en microlithes avec enstatite et pyroxène ; la structure en est tantôt trachytoïde, tantôt ophitique ; le meilleur type de ces météorites dites *eucrites* (G. Rose) est celui de Juvinas (Ardèche). Nous parlerons de la synthèse de ces météorites au paragraphe suivant.

On connaît aussi des associations d'anorthite et de péridot ; ce sont les *howardites*, représentées par la météorite du Teilleul (Manche).

MM. Fouqué et Michel Lévy en ont effectué la reproduction en opérant sur un mélange de 6 grammes de silice, $2^{gr},6$ d'alumine, $1^{gr},50$ de magnésie, $2^{gr},50$ de carbonate de chaux, et 4 grammes d'oxyde ferrique. On recuit pendant 48 heures avec le dispositif n° 2 et 48 heures avec le dispositif n° 3. Il se forme ainsi une association ophitique d'anorthite, d'olivine, d'enstatite et de magnétite.

L'anorthite forme des microlithes ($0^{mm},12$ sur $0^{mm},02$), allongés suivant l'arête pg^1 avec macles de Carlsbad, de l'albite et de Baveno.

Le péridot ($0^{mm},25$ sur $0^{mm},12$) moule parfois l'anorthite ; il offre les formes habituelles. L'enstatite, jaunâtre, englobe les autres éléments ; ses dimensions sont en moyenne de $0^{mm},4$ sur $0^{mm},15$.

La magnétite se présente en octaèdres de $0^{mm},75$, souvent groupés en belles dendrites ; comme d'habitude elle s'est formée à diverses périodes du recuit.

Les expériences qui précèdent démontrent que la fusion ignée suivie de recuit suffit pour reproduire les principaux éléments des météorites avec leurs associations et leurs structures caractéristiques.

Diabases et dolérites à structure ophitique. — Ces roches ont été depuis longtemps signalées sous le nom d'*ophites* en divers points du globe, particulièrement dans les Pyrénées. Leur âge géologique a donné naissance à de nombreuses discussions ; les conditions mêmes de leur formation ont été très controversées, les uns regardant ces roches comme éruptives, tandis que les autres y voient des produits sédimentaires profondément modifiés par le métamorphisme. Cette dernière assertion reposait sur ce fait que, dans les régions classiques, les pointements ophitiques ne se montraient en relation directe avec aucun massif éruptif et surtout volcanique. Mais l'examen microscopique des ophites, fait pour la première fois par M. Michel Lévy[1], a fait voir que ces roches sont composées des mêmes éléments que les roches basiques franchement éruptives (diabases, dolérites, labradorites), seulement qu'une structure très caractéristique les distingue à première vue des types habituels. On y voit en effet des microlithes de feldspath triclinique associés à des microlithes d'augite ; mais ces derniers, au lieu de se disposer en grains sans ordre autour des aiguilles feldspathiques, se sont agrégés en grandes plages à orientation unique de manière à simuler des grands cristaux d'augite lardés de prismes feldspathiques. Il semble donc d'après cet examen que les roches ophitiques soient des roches de fusion ignée dans lesquelles le refroidissement aurait été plus prolongé que dans les roches habituelles.

D'ailleurs, l'observation stratigraphique a fait découvrir des ophites franchement éruptives. On nous permettra de rappeler ici celles qu'a signalées M. R. Bréon. Lors

1. *Bull. Soc. Géol.*, 1877, t. VI, p. 157.

de son voyage en Islande, ce géologue a remarqué que, dans cette contrée entièrement volcanique, les coulées de labradorite affectent nettement au microscope une structure tantôt trachytoïde, tantôt ophitique, avec tous les passages de l'une à l'autre. Il se produit encore de ces roches dans les éruptions contemporaines.

Il était donc à prévoir que les expériences de fusion ignée permettraient la réalisation synthétique des types ophitiques. Pour y arriver il fallait seulement obtenir la cristallisation de l'augite à une température nettement postérieure à celle de la consolidation du feldspath. Aussi il était à prévoir que l'anorthite peu fusible, de préférence au labrador ou à l'oligoclase, se prêterait à l'exécution de l'expérience.

Un mélange des éléments de l'anorthite et de l'augite en diverses proportions est, après fusion, recuit quatre jours avec le dispositif n° 2, puis pendant un temps égal avec le dispositif n° 3. On recueille ainsi des microlithes d'anorthite ($0^{mm},43$ sur $0^{mm},04$) avec macles de l'albite et de Baveno. Ceux-ci sont moulés par de grandes plages d'augite ($0^{mm},75$); enfin on remarque un développement de petits octaèdres ($0^{mm},015$) de magnétite et de picotite.

Si le second recuit a lieu seulement avec le dispositif n° 4, on obtient dans le même culot des portions trachytoïdes et des portions ophitiques; ces dernières se rapportent aux parties les plus chauffées.

On peut aussi par la même méthode préparer des ophites labradoriques, mais à cause de la plus grande fusibilité du labrador, on obtient toujours un mélange des deux structures trachytoïde et ophitique dans le même culot.

On voit, par ce qui précède, que l'origine éruptive purement ignée des roches ophitiques se trouve démontrée par un procédé expérimental.

Tentatives infructueuses. — MM. Fouqué et Michel Lévy n'ont pas borné là leurs essais; dans un grand nombre d'expériences, ils ont cherché à reproduire de même divers types de roches, renfermant des minéraux autres que ceux que nous avons énumérés précédemment.

Ainsi ils se sont vainement efforcés d'obtenir par fusion ignée le quartz, l'orthose et l'albite, les wernérites, les micas (biotite et muscovite), la hornblende.

Ces substances cèdent toujours la place à d'autres : tantôt, il y a transformation en des espèces dimorphes; tantôt il se fait une décomposition chimique avec formation de types plus stables.

Ainsi la silice fondue avec des silicates (augite, enstatite, hypersthène) donne un produit à structure ophitique où les grandes plages de bisilicates sont lardées de microlithes non maclés, à polarisation faible et extinctions longitudinales. Ces microlithes ont pu être extraits et analysés; ils sont constitués par de la silice pure, vraisemblablement de la tridymite.

Ni l'orthose ni l'albite n'ont cristallisé par fusion et recuit de leurs éléments (voy. ces mots). La biotite, dans les mêmes circonstances, se change en un produit cristallin brun, dichroïque, nettement biaxe, très arborisé.

Le microcline a été fondu avec divers minéraux; la masse recuite n'a jamais fourni d'orthose ou de microcline régénéré. Avec l'augite, l'oligoclase, la néphéline, associés au microcline, on obtient seulement ces minéraux, au milieu d'un magma vitreux, encore la cristallisation est-elle difficile et imparfaite. Avec la muscovite le microcline ne donne aucun produit cristallin.

Le même feldspath (4 parties), fondu et recuit avec la biotite (4, 8 parties), a fourni une roche complètement différente de celle d'où l'on était parti : il se fait une leucitite à olivine (leucite, olivine, magnétite et mélilite).

La wernérite dipyre se transforme en labrador; fondue avec la hornblende, elle fournit une labradorite augitique.

De même un mélange de hornblende et d'oligoclase ne donne pas d'andésite à hornblende, mais une andésite augitique.

Il convient, en terminant, de se reporter au tableau général de la classification des roches. On verra qu'un grand nombre de ces dernières se sont dérobées à toutes les tentatives de reproduction artificielle par fusion ignée; ce sont celles qui renferment au nombre de leurs éléments du quartz, de l'orthose (ou de l'albite), des micas, de l'amphibole.

Quelles sont, d'autre part, les roches qui se produisent encore sous nos yeux dans les éruptions volcaniques contemporaines? Ce sont précisément celles dont la reproduction a été effectuée par MM. Fouqué et Michel Lévy, c'est-à-dire les andésites à pyroxène (augitiques ou non), les labradorites, les basaltes (labradoriques ou parfois andésitiques), les limburgites, les néphélinites et téphrites, leucitites et leucotéphrites (avec ou sans olivine), les péridotites, les labradorites à structure ophitiques. Là se borne, d'après les observations des géologues, la liste des types de roches de formation contemporaine; on ne connaît aucun exemple prouvé de volcans rejetant des roches quartzifères, orthosiques ou amphiboliques. Il ne se fait plus de nos jours ni rhyolites, ni dacites, ni trachytes, ni même andésites à hornblende, leucitophyres ou phonolithes. Or ce sont là précisément les espèces dont la synthèse n'a pu jusqu'à présent être abordée avec succès.

Nous ajouterons même que ces types ont presque partout cessé de se produire depuis la fin du pliocène. Par exemple, en Auvergne, après la cessation de l'éruption phonolithique, a lieu l'énorme épanchement du basalte des plateaux; et depuis cette époque il ne s'est plus constitué que des roches de fusion ignée (à part quelques exceptions, par exemple le trachyte du Puy de Dôme (dont l'âge n'est pas connu avec certitude). Il en est de même dans les autres régions volcaniques (Vésuve, Etna, Santorin, Java, Açores, etc.).

Nous remarquerons d'autre part que les types de fusion ignée se sont produits dans les périodes géologiques les plus reculées comme de nos jours. Il en existe ainsi de précambriennes; tout le monde connaît l'abondante éruption des mélaphyres permiens, identiques au point de vue pétrographique avec certains basaltes actuels.

Nous bornerons ici les considérations que nous voulions présenter au lecteur sur la genèse des roches. En terminant ce petit livre, nous croyons devoir formuler le vœu que la synthèse des types renfermant du quartz, des micas, de l'orthose et de l'amphibole, soit bientôt abordée avec un succès aussi complet que l'a été celle des roches dont nous avons expliqué le mode de formation artificielle.

SUPPLÉMENT

MÉTAUX.

ARGENT.

Reynoso [1] a fait voir qu'on peut obtenir des échantillons d'argent, souvent très cristallins, en chauffant avec de l'eau à 280° du cyanure d'argent; il se fait alors du carbonate d'ammoniaque.

SULFURES.

GREENOCKITE.

CdS *CdS*

M. Schneider [2] a fait voir que, si l'on fond du sulfure de cadmium amorphe avec un excès de potasse et de soufre, on recueille par lessivage des cristaux de greenockite. La potasse ne peut, dans cette préparation, être remplacée par la soude, parce qu'il se fait alors le composé NaS, 3CdS, décomposable par l'eau.

M. Ditte [3] a étudié la solubilité du sulfure de cadmium dans le sulfure d'ammonium. Celle-ci est sensible à 60° et la liqueur filtrée dépose par refroidissement de petits prismes de greenockite.

MOLYBDÉNITE.

MoS^2 MoS^2

La molybdénite, minéral des roches primitives et cristallophylliennes, n'a jamais été reproduit, mais il convient de rappeler ici qu'on a obtenu synthétiquement un

1. *Ann. de chim. et de phys.* (3), t. XLV, p. 111,
2. *Pogg. Ann.*, t. CXLIX, p. 396. — *Bull. Soc. Chim.*, t. XXI, p. 268.
3. *C. R.*, 1877, t. LXXXV. p. 402.

bisulfure de tungstène WS^2 vraisemblablement isomorphe avec la molybdénite. Ce composé a été préparé par M. Riche[1] par fusion du tungstate acide de potasse avec son poids de soufre et lessivage de la masse. Il reste des cristaux d'un noir bleuâtre, aussi mous que le graphite ou la molybdénite.

OXYDES.

SPINELLES ARTIFICIELS.

Nous joindrons à la liste que nous avons donnée, p. 76, l'*oxyde de nickel* Ni^3O^4 obtenu par M. Baubigny[2], sous forme de très petits octaèdres réguliers gris, non magnétiques, à éclat métallique, par calcination vers 400° du chlorure de nickel dans un courant d'oxygène humide.

QUARTZ ET TRIDYMITE.

SiO^2 SiO^2

M. K. von Chrustschoff[3] a chauffé en tube scellé à haute température des solutions aqueuses de silice dialysée. L'opération conduite à 250° fournit du quartz ; à 350° on n'obtient plus que de la tridymite. Il y a lieu de citer ces expériences concurremment avec celles de MM. Schafhäutl, de Sénarmont, Daubrée, Friedel et Sarasin.

VANADINE

VO^5 V^2O^5

La fusion simple de l'acide vanadique fournit ce corps sous forme de cristaux en aiguilles. Nordenskjöld[4] y a reconnu des prismes orthorhombiques $g^1\ h^1\ m\ e^1$. On a $m\ m = 138°\ 4'$; $e^1\ e^1 = 92°\ 24'$.

OPALE.

$SiO^2 + nHO$ $SiO^2 + nH^2O$

MM. Fouqué et Michel Lévy[5] ont obtenu des globules d'opale, montrant la croix noire entre les nicols croisés, en faisant passer un courant très lent d'acide fluorhydrique et de vapeur d'eau sur de la silice chauffée au rouge.

1. *Ann. de chim. et de phys.* (3), t. L, p. 26.
2. *C. R.*, 1878, t. LXXXVII, p. 1082.
3. *Amer. Chem.* 1883, — *Tscherm. miner. u. petrogr. Mitth.*, t. IV, p. 536.
4. *Pogg. Ann.*, t. CXII, p. 160.
5. Expérience inédite.

CHLORURES.

MOLYSITE.

Fe^2Cl^5 Fe^2Cl^6

Le perchlorure de fer est un minéral des fumerolles volcaniques. On sait qu'il s'obtient aisément dans les laboratoires sous forme de sublimé anhydre en lamelles hexagonales.

SILICATES.

RHODONITE.

MnO,SiO^2 $MnSiO^3$.

M. de Jereméieff[1] a signalé, dans des scories provenant d'une fonderie de Saint-Pétersbourg, des cristaux de rhodonite atteignant $7^{mm},5$ sur $2^{mm},5$. Ils étaient formés des facettes m, t, h^1 g^1, $f^1/_4$, $d^1/_4$. Clivages m, p. Éclat nacré sur m; on a $mt = 87° 20'$.

GROSSULAIRE.

$3CaO,Al^2O^3,3SiO^2$ $Ca^3Al^2(SiO^4)^3$.

Ce grenat est dans la nature un minéral des gîtes métamorphiques ou des nodules volcaniques calcaires.

Nous avons constaté qu'il ne se produit pas par fusion simple de ses éléments, sa molécule cédant la place à diverses espèces, notamment à l'anorthite.

Mais M. Gorgeu[2] est parvenu à préparer le grossulaire en cristaux dérivés du système cubique, avec hémiédrie tétraédrique très marquée, par fusion du kaolin dans le chlorure de calcium, en présence d'un courant d'air humide.

Le grossulaire prend d'ailleurs aisément naissance toutes les fois qu'un silicate alumineux est fondu dans le chlorure de calcium.

CORDIÉRITE.

$2MgO,2Al^2O^3,5SiO^2$ $Mg^2Al^4Si^5O^{18}$.

Ce minéral se présente ordinairement dans la nature à l'état de partie intégrante des roches éruptives acides anciennes, ou encore dans les terrains gneissiques. Il semble donc peu probable *à priori* qu'il soit un produit de fusion purement ignée.

1. *Verh. d. kais. russ. min. Ges.*, 1878. — *Zeitsch. f. Kryst. u. Min.*, t. III, p. 439.
2. Expérience inédite.

Cependant M. L. Bourgeois[1] a soumis à la fusion suivie de recuit un mélange possédant la composition de la cordiérite. L'opération, étant conduite avec le dispositif n° 3, donne un culot qui se montre entièrement cristallin. On y remarque quelques microlithes de pyroxène magnésien, mais tout le reste est constitué par un minéral polarisant dans les teintes de la cordiérite même, c'est-à-dire dans celles du quartz. Une partie est confusément cristallisée en microlithes non maclés, positifs, à extinctions longitudinales, souvent groupés en sphérolithes; en d'autres points la substance forme de grandes plages à contours irréguliers, ressemblant à la cordiérite de certaines roches. On observe en lumière convergente deux axes optiques assez écartés comme dans cette dernière. Le produit est inattaquable aux acides.

OXALATES.

WHEVELLITE.

$CaO,C^2O^3 + HO$ $\qquad$ $CaC^2O^4 + H^2O$

L'oxalate de chaux obtenu par précipitation est un mélange en proportions variables des sels $CaO,C^2O^3 + HO$ et $CaO,C^2O^3 + 3HO$.

Le second de ces composés forme des prismes quadratiques microscopiques, efflorescents; le premier constitue de très fines aiguilles clinorhombiques identiques avec la whewellite. Cette dernière substance prend seule naissance, d'après E. Schmidt[2], par évaporation d'une solution nitrique ou chlorhydrique d'oxalate de chaux; l'identité avec le produit naturel a pu être prouvée par des mesures goniométriques.

Les cristaux d'oxalate de chaux qui se forment au sein des cellules végétales comprennent à la fois les deux hydrates dont il vient d'être fait mention. M. Von Lasaulx[3] a étudié les cristaux formés dans les feuilles et les rhizomes de l'*Iris florentina* et constaté leur identité cristallographique avec la whewellite. Ce sont des prismes clinorhombiques $mg^1d^1/^2$, avec macle h^1 et allongement suivant l'arête *mm;* l'angle d'extinction sur g^1 atteint 6° 30′ par rapport à l'allongement. On a $o^1\ h^1 = 136°$. L'aspect des cristaux rappelle celui du gypse.

AVIS.

Un supplément analogue sera publié avec les derniers fascicules de l'*Encyclopédie Chimique*. Il renfermera l'indication de toutes les synthèses survenues depuis l'impression du volume.

1. *Ann. de chim. et de phys.* (5), t. XIX, et thèse.
2. *Pogg. Ann.*, t. CXLII, p. 111. — *Ann. d. Chem. u. Pharm*, t. LXI, p. 304-307.
3. *Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Nat. u. Heilkunde.* 3 janvier 1883.

BIBLIOGRAPHIE

Principales publications périodiques.

Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris, depuis 1835.
Annales de Chimie et de Physique, Paris, depuis 1789.
Journal de Pharmacie et de Chimie, Paris, depuis 1815.
L'Institut, Paris, depuis 1833.
Répertoire de Chimie pure et appliquée, par MM. Würtz et Barreswill, Paris.
Bulletin de la Société chimique de Paris, depuis 1858.
Bulletin de la Société géologique de France, Paris, depuis 1830.
Bulletin de la Société minéralogique de France, Paris, depuis 1878.
Annales des Mines, Paris, depuis 1817.
Annales scientifiques de l'École Normale supérieure, Paris, depuis 1864.
Revue scientifique, Paris, depuis 1864.
Bibliothèque universelle des Sciences, Belles-Lettres et Arts, et Archives des sciences physiques et naturelles, Genève, depuis 1820.
Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Leipzig, depuis 1824.
Annalen der Chemie und Pharmacie, par Wöhler, Liebig et Kopp, Lemgo et Heidelberg, depuis 1832.
Journal für praktische Chemie, par Erdmann, Werther et Kolbe, Leipzig.
Jahresberichte der Chemie und verwandter Wissenschaften, depuis 1849.
Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Geognosie und Petrefactenkunde, par von Leonhard, Geinitz et Bronn, Stuttgart, depuis 1830.
Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, par Benecke, Klein et Rosenbusch, Stuttgart, depuis 1875.
Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Berlin, depuis 1849.
Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, par P. Groth, Leipzig, depuis 1878.
Pharmaceutisches Centralblatt, Leipzig, depuis 1830.
Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt, Wien, depuis 1850.
Mineralogische (und petrographische) Mittheilungen, par G. Tschermak, Wien, depuis 1871.
Edinburgh new Philosophical Journal, par R. Jameson, depuis 1826.
American Journal of Science and Arts, par Silliman, New Haven, depuis 1818.

Principaux ouvrages didactiques.

Bischof (G.). — Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, 2ᵉ édition, Bonn, Marcus 1862-66.
Daubrée. — Études synthétiques de Géologie expérimentale, Paris, Dunod, 1879.
Des Cloizeaux. — Manuel de Minéralogie, Paris, Dunod, 1862-73.
Dufrénoy. — Traité de Minéralogie, 2ᵉ édition, Paris, 1851-59.
Fouqué et Michel Lévy. — Minéralogie Micrographique, Paris, Quantin, 1878.
Fouqué et Michel Lévy. — Synthèse des minéraux et des roches, Paris, G. Masson, 1862.
Fuchs (G.). — Die künstlich dargestellten Mineralien. Haarlem, de erven Loosjes, 1872.
Groth (P.). — Tabellarische Uebersicht der Mineralien, 2ᵉ édition, Braunschweig, Vieweg 1882.
Gurlt. — Die pyrogenneten künstlich Mineralien, Freiberg, Engelhardt, 1857.

Hausmann. — Beiträge zur Hüttenkunde
Koch. — Beiträge zur Kenntniss der krystallisirten Hüttenprodukte.
Leonhard (*C. von*). — Hüttenerzeugnisse.
Roth (*J.*). — Allgemeine und chemische Geologie, Berlin, 1879.
Rammelsberg. — Handbuch der krystallographischen Chemie, Berlin, Jeanrenaud, 1855, et Leipzig, Förstner, 1857. — Handbuch der physikalisch-krystallographischen Chemie, Leipzig, Engelmann, 1881–82.
Würtz (*Ad.*). — Dictionnaire de chimie pure et appliquée et Suppl., Paris, Hachette, depuis 1879.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

ERRATA.

P. 110. Supprimer les trois dernières lignes et la note 5.
P. 132. Ligne 8 en remontant, formule de droite, lire $(SiO^4)^9$ au lieu de $(SiO^4)^6$.

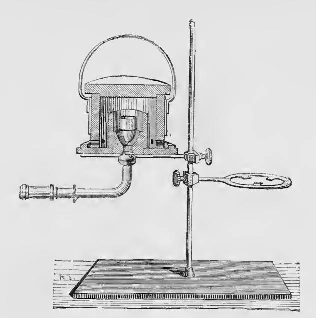
TABLE DES MATIÈRES

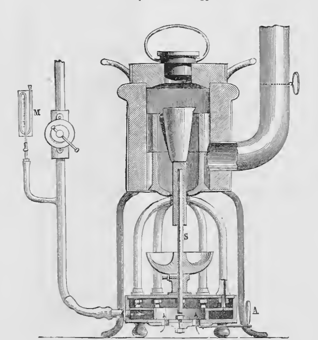


2611. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

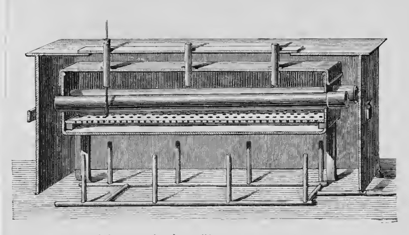


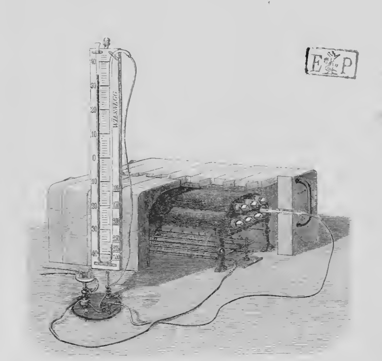
Trompe Damoiseau
construite par M. Wiesnegg


Four de Forquignon et Leclercq avec chalumeau Schlœsing
construit par M. Wiesnegg.

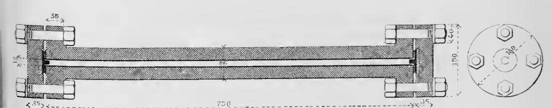


Four Perrot construit par M. Wiesnegg.

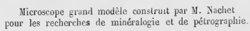

Bain d'air pour trois tubes scellés. construit par M. Wiesnegg.



Bloc de fonte pour six tubes scellés avec régulateur à air d'Arsonval,
construit par M. Wiesnegg.



Tube grand modèle en acier de MM. Friedel et Sarasin pour les reproductions par voie humide à haute pression.



Microscope grand modèle construit par M. Nachet
pour les recherches de minéralogie et de pétrographie.



E. Jacquemin ad nat lith

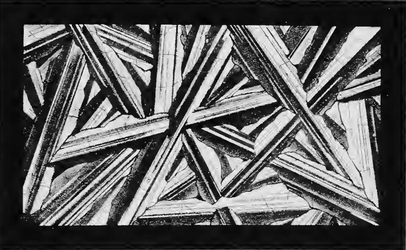
Imp. Fraillery, Paris.

F. I. Leucotéphrite artificielle (Fouqué et Michel-Lévy)
(Leucite, labrador, Nicols croisés, lame de quartz à 45°)

F. II. Basalte artificiel (Fouqué et Michel-Lévy)
(Olivine, Magnétite, labrador, augite)

F. I.

F. II.



E. Jacquemin ad nat lith

Imp. Fraillery Paris

F. I. Basalte artificiel (1er temps) (Fouqué et Michel-Lévy)

F. II. Anorthite artificielle (Fouqué et Michel-Lévy)

MÉTÉORITES

reproduites par MM. **Fouqué & Michel-Lévy**

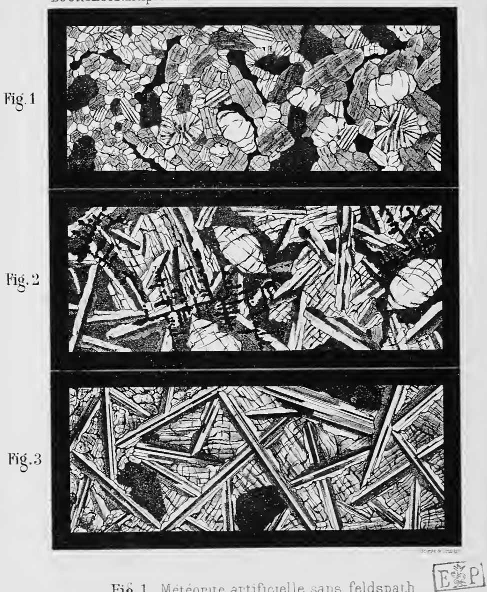


Fig. 1. Météorite artificielle sans feldspath
(Olivine, magnétite, pyroxène magnésien, enstatite)
structure granitoïde

Fig. 2. Howardite artificielle
(Olivine, magnétite, anorthite, pyroxène)

Fig. 3. Eucrite artificielle.
(Anorthite, pyroxène.)

Structure ophitique (Fig. 2 et 3)

Quartz (Friedel et Sarasin)

Quartz et tridymite (Hautefeuille)

Quartz et Orthose (Hautefeuille)

Albite (Hautefeuille)

Grossulaire, Spessartine (Gorgeu)

Leucite (Hautefeuille)

Analcime (de Schulten)

Corindon (Fremy et Feil)

Rutile (Hautefeuille)

Chalcoménite (Friedel & Sarasin)

Phosgénite (Friedel & Sarasin)

Cuprite (Riban)

Nepheline-Grenat mélanite et Spinelle (Fouqué et Michel-Lévy)

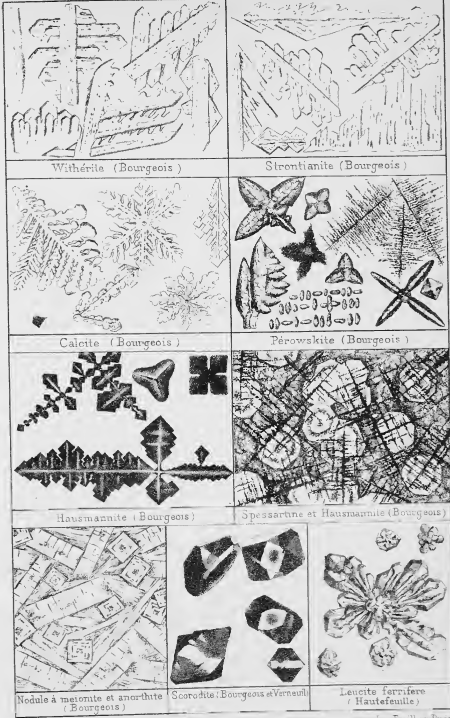
Labradorite artificielle (Fouqué et Michel-Lévy)

Cérusite (Riban)

E. Jacquemin ad nat lith Imp. Fraillery, Paris.



E P



E. Jacquemin ad nat lith

Imp. Fraillery, Paris